ISSN 1013-4506

FS-2013-169-T

Fachverband für Strahlenschutz e. V.

Mitgliedsgesellschaft der
International Radiation
Protection Association
(IRPA)
für Deutschland
und die Schweiz

Publikationsreihe
FORTSCHRITTE
IM STRAHLENSCHUTZ

Publication Series
PROGRESS IN RADIATION
PROTECTION

EUROPÄISCHER STRAHLENSCHUTZ IM ESSENER PRAXISTEST

**45. Jahrestagung des
Deutsch-Schweizerischen
Fachverbandes für Strahlenschutz e. V.**

gemeinsam mit dem

Österreichischen Verband für Strahlenschutz

**24. bis 26. September 2013
Essen**

Bandherausgeber:
Bernd Lorenz
Sabine Ludwig
Norbert Peinsipp

EUROPÄISCHER STRAHLENSCHUTZ IM ESSENER PRAXISTEST

45. Jahrestagung des
Deutsch-Schweizerischen
Fachverbandes für Strahlenschutz e. V.

gemeinsam mit dem

Österreichischen Verband für Strahlenschutz

24. bis 26. September 2013
Essen

ISSN 1013-4506 FS-2013-169-T

Fachverband für Strahlenschutz e. V.

Mitgliedsgesellschaft der International Radiation Protection Association (IRPA) für Deutschland und die Schweiz

Publikationsreihe FORTSCHRITTE IM STRAHLENSCHUTZ

Publication Series PROGRESS IN RADIATION PROTECTION

EUROPÄISCHER STRAHLENSCHUTZ IM ESSENER PRAXISTEST

45. Jahrestagung des Deutsch-Schweizerischen Fachverbandes für Strahlenschutz e. V.

gemeinsam mit dem

Österreichischen Verband für Strahlenschutz

24. bis 26. September 2013 Essen

Bandherausgeber:
Bernd Lorenz
Sabine Ludwig
Norbert Peinsipp

Die Zusammenstellung dieses Tagungsbandes wurde von Frau Ingeborg Zeitlberger durchgeführt.

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Die Inhalte dieses Werkes wurden von Verlag, Herausgebern und Autoren nach bestem Wissen und Gewissen erarbeitet und zusammengestellt. Eine rechtliche Gewähr für die Richtigkeit der einzelnen Angaben kann jedoch nicht übernommen werden. Gleiches gilt auch für die Websites, auf die über Hyperlink verwiesen wird. Es wird betont, dass wir keinerlei Einfluss auf die Inhalte und Formulierungen dieser Seiten haben und auch keine Verantwortung für sie übernehmen.
Grundsätzlich gelten die Wortlaute der Gesetzestexte und Richtlinien sowie die einschlägige Rechtsprechung.

ISSN 1013-4506
ISBN 978-3-8249-1746-4

© by TÜV Media GmbH, TÜV Rheinland Group, Köln 2013
TÜV, TUEV und TUV sind eingetragene Marken der TÜV Rheinland Group. Eine Nutzung und Verwendung bedarf der vorherigen Zustimmung durch das Unternehmen.
Gesamtherstellung: TÜV Media GmbH, Köln 2013
Printed in Germany 2013

45. Jahrestagung des Deutsch-Schweizerischen Fachverbandes für Strahlenschutz e. V.

gemeinsam mit dem

Österreichischen Verband für Strahlenschutz Essen, 2013

Tagungspräsident:

Norbert Peinsipp	*Meckenheim*

Programmkomitee:

Bernd Lorenz (Leiter)	*GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH, Essen*
Ulrike Feldmann	*Wirtschaftsverband Kernbrennstoffkreislauf und Kerntechnik e.V., Berlin*
Rainer Ahlfänger	*Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, Brugg*
Franz Maringer	*Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien*
Manfred Ditto	*Bundesministerium für Gesundheit, Wien*
Hannes Stadtmann	*Seibersdorf Labor GmbH, Seibersdorf*
Axel Pottschmidt	*Rechtsanwälte Heinemann & Partner, Essen*
Matthias Holl	*Matthias Holl Strahlenschutzschulung, Andernach*
Ekkehard Martini	*Landesanstalt für Personendosimetrie und Strahlenschutzausbildung des Landes Mecklenburg-Vorpommern, Berlin*
Michel Jacob	*Haus der Technik, Essen*
Erich Reinhardt	*Bezirksregierung Köln*

Organisationskomitee:

Sabine Ludwig (Leiterin)	*GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH, Essen*
Bettina Bergmann	*Schönebeck/Elbe*
Reinhart Giessing	*Magdeburg*
Christoph Wilhelm	*Karlsruher Institut für Technologie, Eggenstein-Leopoldshafen*
Max Studeny	*GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH, Essen*

Ausstellende Firmen

Der Fachverband für Strahlenschutz e. V. und der Österreichische Verband für Strahlenschutz bedanken sich bei folgenden Firmen, die durch die Ausstellung ihrer Produkte zur fachlichen Bereicherung der Jahrestagung 2013 beitragen.

- Ametek GmbH
- Automess GmbH
- Berthold Technologies
- cjt Systemsoftware AG
- Eckert & Ziegler Nuclitec GmbH
- FCI
- Gamma-Service Recycling GmbH
- Graetz Strahlungsmesstechnik GmbH
- mab Solutions GmbH
- Radpro International GmbH
- SARAD GmbH
- S.E.A. GmbH
- ThermoFisher Scientific Messtechnik GmbH
- TIK – Technisches Ingenieurbüro Krüger
- Dr. Westmeier GmbH

Vorwort des Vorsitzenden des Programmkomitees

FS 2013 – Die Jahrestagung des Deutsch-Schweizerischen Fachverbandes für Strahlenschutz findet in diesem Jahr gemeinsam mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz in Essen statt. Viele Mitglieder des Fachverbandes werden sich an gemeinsame Tagungen mit den österreichischen Kollegen erinnern. Dass dies 2013 erneut eine gemeinsame Veranstaltung ist, ist kein Zufall. Das zentrale Thema sind nämlich die neuen **Europäischen Strahlenschutzgrundnormen**, die Euratom-BSS.

Bevor wir uns diesem Thema widmen, dürfen wir gespannt sein, was Professor Dr. Streffer uns zum Thema der unterschiedlichen Strahlenempfindlichkeit vortragen wird. Es ist uns eine besondere Freude, ihn als hervorragenden und allseits bekannten Fachmann hier in Essen als Festredner begrüßen zu können, zumal er auch Bürger Essens ist und viele Jahre Rektor der Universität war. Ihm ist es auch zu verdanken, dass die ICRP ihre jüngste Grundsatzempfehlung, die ICRP 103, hier in Essen, noch dazu an unserem Tagungsort, dem Haus der Technik, beschlossen hat, was nach meinem Dafürhalten eine Gedenktafel wert wäre.

Zurück zu den Grundnormen. Da die Euratom-Grundnormen für alle EU-Mitgliedsländer eine verbindliche Vorgabe sind, war es eines unser Anliegen zu zeigen, wie verschiedene Länder dies umsetzen wollen. Hierzu haben wir aus Österreich, der Schweiz, die zwar kein EU-Land ist, sich aber stark an den EU-Regelungen orientiert, Frankreich, Tschechien und natürlich Deutschland kompetente Vertreter gewinnen können, die hierzu vortragen. Zunächst wird einer der Autoren der Euratom-Grundnormen aus berufenem Mund die Intentionen der EU-Kommission vorstellen.

Bei der thematischen Gestaltung des Tagungsprogrammes kam es uns darauf an, nicht so sehr das in den Vordergrund zu stellen, was schon lange bekannt ist und gelebt wird, sondern vielmehr die Änderungen herauszuarbeiten, also das, was neu sein wird und wo noch nicht so viel oder auch gar keine praktischen Erfahrungen vorliegen. Das betraf z. B. das Thema Dosisrichtwerte, die zwar in der noch geltenden Fassung als Kann-Bestimmung enthalten sind, in dem Entwurf aber nun verbindlich gemacht werden sollen, wenn auch mit dem Zauberwort „as appropriate“. Bei NORM bzw. Radon ist zu beachten, dass hier von einer Empfehlung über Radonexpositionen nun eine verbindliche Vorgabe wird. Bereits auf der Jahrestagung 2012 wurde das Thema Radiation Protection Expert vs Radiation Protection Officer heftig debattiert. Aber auch die neuen Freigrenzen bzw. Freigabewerte gaben Anlass zu Diskussionen.

Nun kann sich ein Programmkomitee seine Gedanken machen, aber wenn sich dann keiner findet, der zu diesen vermeintlich interessanten Themen vortragen will, dann gibt es ein Problem. Das endgültige Programm hat glücklicherweise dann doch eine gute Repräsentanz unserer vorgeschlagenen Themen ergeben, wenn auch mit unterschiedlicher Gewichtung.

Verwundern wird vielleicht die Darstellung des Themas Umweltstrahlenschutz, das in der Ankündigung zur Tagung aufgeführt war, jetzt auch im Programm enthalten ist, jedoch Rege-

lungen hierzu sich in der nunmehr im Rat erstellten vorläufigen Endfassung der Grundnormen nicht mehr finden. Hier hatten offensichtlich viele Mitgliedstaaten Bedenken, ein noch nicht ausgereiftes Konzept zu einer Rechtsvorschrift zu machen. Aber damit ist das Thema nicht beendet, die Diskussion in der Fachwelt wird weitergehen.

Der Veranstaltungsort, das Haus der Technik, ist bekanntlich ein erfahrener Kursanbieter für die Strahlenschutzaus- und –weiterbildung. Es war deshalb naheliegend, die Fachtagung mit der Aktualisierung der Fachkunde zu verknüpfen.

Allen Vortragenden, Autoren und Sitzungsleitern, aber auch allen, die an der Vorbereitung der Tagung mitgewirkt haben, sei an dieser Stelle herzlich gedankt. Wir hoffen, dass neben dem dichten Vortragsprogramm dennoch Zeit für Diskussionen und persönliche Gespräche bleibt. In jedem Fall wird der Gesellschaftsabend Gelegenheit zum Austausch und Kennenlernen bieten.

Als Essener Bürger kann ich Ihnen versichern, dass es lohnenswerte Ziele für Sie auch außerhalb der Tagung gibt: für Technikinteressierte natürlich Zeche Zollverein, für Geschichtsinteressierte die Villa Hügel und wer einfach mal ein bisschen abschalten will, kann das auf und hinter der „Rüttenscheider“ oder bei einer Wanderung um den Baldeneysee.

Für alle die, die nicht nach Essen kommen konnten, soll dieser Band die Möglichkeit bieten, sich zu informieren, wie es im Strahlenschutz in den nächsten Jahren weitergehen wird. Die konkrete Rechtslandschaft in den europäischen Staaten wird in den kommenden vier Jahren entstehen und es ist wichtig, dass die Fachleute, die wirklichen Experten, sich dabei einbringen und auch gehört werden. In diesem Sinne: machen Sie mit und tragen Sie dazu bei, dass das „vernünftig“ in ALARA angemessen zur Geltung kommt.

Für das Programmkomitee
Ihr

Bernd Lorenz

Grußwort des

Tagungspräsidenten

Dr. Norbert Peinsipp

Sehr geehrte Damen und Herren,

Neuer Strahlenschutz in Europa. Der Arbeitskreis Rechtsfragen des Deutsch-Schweizerischen Fachverbandes für Strahlenschutz - AKR – hat gerne die Aufgabe übernommen , die neue Entwicklung des Strahlenschutzes und damit des Strahlenschutzrechts im Rahmen einer Jahrestagung zusammen mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz dazustellen.

Wie 1959 bei der erstmaligen Erstellung der Euratom-Richtlinie zu den Strahlenschutzgrundnormen für die damals 6 Gründungsmitglieder bleibt für die jetzt 28 Mitgliedstaaten weiter das Kapitel „Gesundheitsschutz“ des Euratom-Vertrages die Grundlage für die Ausgestaltung des Strahlenschutzes für jetzt über 500 Millionen EU-Bürger. Gemeinschaftlicher Gesundheitsschutz kann hier verbindlich gestaltet werden. Unterschiedliche Auffassungen und Regelungen zur Nutzung der Kernenergie zur Stromerzeugung in den Mitgliedstaaten sind dabei kein Hindernis, hier den Strahlenschutz fortzuentwickeln. Auch die Gestaltung gemeinschaftlichen Zielsetzungen zur kerntechnischen Sicherheit und zur Entsorgung finden in diesem Kapitel eine verlässliche rechtliche Grundlage. Der Euratom-Vertrag bleibt eine feste Säule für den Strahlenschutz in Europa und für die europäische Einigung, solange ein gemeinsamer Gestaltungswille besteht.

Die EU-Kommission hatte dem Rat ein ambitioniertes Vorhaben zu den neuen Strahlenschutzgrundnormen unterbreitet Nach intensiver Erörterung zunächst unter polnischer, dänischer und zyprischer Präsidentschaft konnte zuletzt unter der engagierten irischen Präsidentschaft im ersten Halbjahr 2013 eine Einigung im Rat erzielt werden, die voraussichtlich unter der derzeitigen litauischen Präsidentschaft zur Verabschiedung der neuen Richtlinie führen wird. In den nächsten 4 Jahren wird dies in das nationale Strahlenschutzrecht zu übertragen sein. Auch wenn die neue Richtlinie den Mitgliedstaaten die Zielsetzungen des neuen Strahlenschutzrechts verbindlich vorgibt, bleibt es doch in deren Verantwortung , den Strahlenschutz im nationalen Rahmen effektiv zu gestalten.
Die neuen Strahlenschutzgrundnormen fassen vielfältige Einzelregelungen zusammen und gestalten diese neu. Mitgliedstaaten, betroffene Anwender, Verwaltungen und Wissenschaft werden sich in nächster Zeit mit den dadurch veranlassten Regelungsaufgaben befassen. Gerade die Mitglieder im Österreichischen Verband für Strahlenschutz und im Deutsch-Schweizerischen Fachverband für Strahlenschutz sind in besonderem Maße aufgerufen, das neue Strahlenschutzrecht aktiv mitzugestalten. Erfahrungen und fachliches Wissen in allen strahlenschutzrelevanten Bereichen ohne wirtschaftsbezogenen Interessenbezug sind hier vereint. Die Mitwirkung der Strahlenschützer aus der Schweiz zeigt, dass der neue

europäische Strahlenschutz nicht auf die EU-Mitgliedstaaten beschränkt ist. Wir fühlen uns besonders gefordert, den künftigen Strahlenschutz in Europa mitzugestalten .

Dem Organisationskomitee, dem Programmkomitee, den Vortragenden und Unterstützern der Tagung gilt mein herzlicher Dank. Ich würde mich freuen, wenn die an der Fortentwicklung des Strahlenschutzes Interessierten möglichst zahlreich an der Tagung teilnehmen.

Dr. Norbert Peinsipp
Sekretär des Arbeitskreises Rechtsfragen

Grußwort des

Oberbürgermeisters von Essen

Reinhard Paß

Herzlich willkommen in Essen! Sie haben mit dem Haus der Technik einen Tagungsort gewählt, der sich schon seit Jahrzehnten der Fortbildung in den vielfältigen Bereichen des Strahlenschutzes widmet. Hinzu kommt: Wissenschaftler aus Essen wirken in namhaften internationalen und nationalen Strahlenschutzgremien. Darauf sind wir stolz. Ebenso auf unseren exzellenten Ruf als Medizinstandort.

In der Strahlenbiologie und bei der Strahlenanwendung in der Medizin verfügt Essen über Kompetenz und eine technische Kapazität, mit der sie auf internationalem Spitzenniveau liegt. Das Westdeutsche Protonentherapiezentrum Essen hat unter anderem in unserer Stadt nicht nur seine Heimat, sondern ist weltweit eine der führenden Einrichtungen seiner Art. Aber auch für die Fortentwicklung des Strahlenschutzes in der Kerntechnik und in den vielfältigen Bereichen der nuklearen Entsorgung ist Essen „gut aufgestellt“ – wie man heute gerne sagt. Unsere Stadt ist in diesem Kontext ein geeigneter Ort für das Thema Ihrer Jahrestagung: die Fortentwicklung des Strahlenschutzes in Europa.

Die hohe Komplexität und Folgewirkung neuer Regelungen im Strahlenschutz muss nicht nur den unmittelbar mit dieser Aufgabe vertrauten Experten nahegebracht werden. Strahlenschutz ist mehr denn je eine gemeinsame europäische Aufgabe, die von den Bürgerinnen und Bürgern verstanden werden muss. Es freut mich sehr, dass die gemeinsame Tagung ihrer Fachverbände auch dieses wichtige Ziel im Blick hat. Ich wünsche Ihnen einen angenehmen Aufenthalt in Essen mit guten Gesprächen und produktiven Impulsen in der Sache.

Reinhard Paß
Oberbürgermeister der Stadt Essen

Grußwort des

Präsidenten des
Fachverbandes für Strahlenschutz

Prof. Dr. Joachim Breckow

Wenn die Planungen für eine Jahrestagung einige Jahre vor dem Tagungstermin beginnen, ist von jedem Programm-Komitee viel Phantasie und Vorausschau verlangt, um dem Publikum dann zum Tagungszeitpunkt ein aktuelles und attraktives Programm anzubieten. Nach meiner Beobachtung ist dies den Kollegen, die in die jeweiligen Programmgestaltungen der letzten Jahre eingebunden waren, in exzellenter Weise gelungen.

So punktgenau das Themengebiet mit seinen aktuellsten Entwicklungen zu treffen wie zu der diesjährigen Jahrestagung, ist dennoch etwas ganz Besonderes. Bereits seit vielen Jahren wird auf den verschiedensten nationalen und internationalen Ebenen über eine gemeinsame europäische Grundkonzeption des Strahlenschutzes diskutiert. Die europäischen "Basic Safety Standards" (BSS) sind seit langem Gegenstand intensiver Auseinandersetzungen. In sie fließen sowohl die neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse aus der Strahlenforschung der letzten Jahre ein als auch Regelungen zu deren Umsetzung in den praktischen Strahlenschutz. Aufgrund der zentralen Bedeutung der BSS ist es nicht erstaunlich, dass eine breite und umfassende Diskussion um das Für und Wider solcher Regelungen stattfindet. Zu vielen Einzelfragen, aber auch zum Gesamtkonzept gibt es recht unterschiedliche Auffassungen und Einschätzungen. Es ist daher ein besonders günstiger Umstand, dass die Jahrestagung 2013 als gemeinsame Tagung des ÖVS und des FS ein so aktuelles Forum für eine intensive Diskussion des künftigen europäischen Strahlenschutzes für die deutschsprachigen Fachexperten bietet.

Der durch die aktuellen Entwicklungen geprägte künftige europäische Strahlenschutz muss sich bewähren. Dies wird ein langer kontinuierlicher Prozess sein. Aber jetzt am Anfang und punktgenau zur Jahrestagung wird der "Europäische Strahlenschutz im Essener Praxistest" in einer ersten Station auf den Prüfstand gestellt. Wir sind gespannt, wie das Prüfergebnis ausfällt.

Joachim Breckow
Präsident des Fachverbands für Strahlenschutz

Grußwort des

Präsidenten des
Österreichischen Verbandes für Strahlenschutz

Dr. Michael Hajek

Trotz der vielfältigen, noch vor nicht allzu langer Zeit ungeahnten positiven Möglichkeiten der Anwendung ionisierender Strahlung, insbesondere in der Medizin, wird in der öffentlichen Diskussion der Einfluss von Strahlung auf die menschliche Gesundheit oftmals unmittelbar mit potentiellen oder auch realen negativen Folgen assoziiert. Dies führt mitunter dazu, dass alles, was auch nur im Entferntesten mit Strahlung in Verbindung gebracht werden kann, als bedrohlich empfunden und Wissenschaft und Technik ein steigendes Maß an Skepsis entgegengebracht wird. Das übergeordnete Ziel des Strahlenschutzes besteht darin, gesundheitlichen Schäden durch entsprechende Maßnahmen weitestgehend vorzubeugen bzw. die damit verbundenen Risiken auf ein akzeptables Maß zu beschränken. Die Aufgaben des Strahlenschutzes sind einer kontinuierlichen Entwicklung unterworfen und gehen heute weit über das vielfach noch immer vorherrschende Bild des reinen Messwesens hinaus. Sie umfassen neben dem elementaren Verständnis physikochemischer und biologischer Strahlenwirkungen gleichsam ethische, soziale und wirtschaftliche Aspekte. Die von dieser interdisziplinären Wissenschaft verwendeten Konzepte orientieren sich dabei am Stand des Wissens in den jeweiligen Fachgebieten.

Mit der Verabschiedung eines Vorschlages für eine Richtlinie zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen durch die Europäische Kommission am 30. Mai 2012 begann die Phase der Implementierung der Strahlenschutzempfehlungen aus Publikation 103 der *International Commission on Radiological Protection* (ICRP) in europäisches Recht. Damit werden die rechtlichen Rahmenbedingungen zur Ausübung des Strahlenschutzes für die nächsten Jahre geschaffen. Mögen die Änderungen gegenüber den derzeitigen Regelungen auf den ersten Blick gering erscheinen, so werden einige Feinheiten bedeutende Auswirkungen auf die Praxis haben. Unter anderem fand die Notwendigkeit facheinschlägiger Aus- und Weiterbildung Eingang in den vorliegenden Entwurf, wozu die Veranstaltung dieser Tagung ihren Beitrag leistet. Damit ist zu hoffen, dass die in den letzten Jahren im deutschsprachigen Raum vielfach rückläufigen Ausbildungsangebote auf dem Gebiet des Strahlenschutzes wiederum jenen Stellenwert erlangen können, der ihnen gebührt.

Im Namen des Österreichischen Verbandes für Strahlenschutz wünsche ich der Tagung in diesem Sinne viel Erfolg und gutes Gelingen!

Michael Hajek
Präsident des Österreichischen Verbandes für Strahlenschutz

Grußwort der

Präsidentin der
International Radiation Protection Association
(IRPA)

Renate Czarwinski

Es ist mir eine Ehre und besondere Freude die herzlichen Grüße der IRPA anlässlich der 45. Jahrestagung des Deutsch-Schweizerischen Fachverbandes für Strahlenschutz übermitteln zu dürfen. Als Präsidentin der IRPA erachte ich diese Tagung, die sich mit den Auswirkungen der revidierten europäischen Grundnormen zum Strahlenschutz (Basic Safety Standards) auf den praktischen Strahlenschutz beschäftigt, aus verschiedenen Gründen als sehr interessant und wichtig.

Eines der Ziele der IRPA ist die Förderung der Kompetenz im Strahlenschutz, insbesondere im praktischen Strahlenschutz, durch Setzen von Maßstäben, Stärkung der professionellen Sachkunde und durch vernetztes Arbeiten. Fundamentale Bausteine dabei sind die nationalen und regionalen Gesellschaften mit ihren Aktivitäten, z.B. den Jahrestagungen. Die enormen Ressourcen im praktischen Wissen und die Erfahrungen im Strahlenschutz und angrenzenden Sachgebieten, die die nahezu 18000 IRPA-Mitglieder in 61 Ländern bereitstellen können, sind der Wert und die Stärke der IRPA. Dieses Wissen konnte über die IRPA assoziierten Gesellschaften in den Revisionsprozess der internationalen und europäischen Strahlenschutzstandards eingebracht werden und es ist sicher interessant, die Herausforderung der Umsetzung in 28 Mitgliedsstaaten der Europäischen Gemeinschaft anzunehmen. Die diesjährige Jahrestagung des Deutsch-Schweizerischen Fachverbandes für Strahlenschutz in Essen, die in enger Zusammenarbeit mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz (ÖVS) vorbereitet wurde, wird eine erste Gelegenheit bieten, künftige Regelungen zu spannenden Themen wie Umweltstrahlenschutz, Optimierung, Katarakt-Induktion und reduzierte Grenzwerte, Freigabewerte und Freigrenzen oder zum ewig aktuellen Thema Radon tiefer zu hinterfragen.

Ich hoffe, die Teilnehmer nutzen diesen unschätzbaren Vorteil, bereits vor der Umsetzung europäischer Vorschriften in nationales Recht an einem intensiven Erfahrungsaustausch teilhaben zu können, ihre praktischen Erfahrungen aktiv einbringen zu können und auch über die Prozesse und Probleme der Umsetzung in deutschen Nachbarländern zu erfahren.

Für den Verlauf der Tagung wünsche ich viel Erfolg, interessante und vor allem fruchtbare Diskussionen und die Gelegenheit zu zahlreichen menschlichen Kontakten über Landesgrenzen hinweg.

Renate Czarwinski
Präsidentin der IRPA

Grußwort des

Europäischen Kommissars für Energie

Günther H. Oettinger

Es freut mich, dass der Deutsch-Schweizerische Fachverband für Strahlenschutz und der Österreichische Verband für Strahlenschutz den Europäischen Strahlenschutz und damit auch die 'neuen' Grundnormen als Thema für ihre Jahrestagung genommen haben. Schließlich handelt es sich bei der de facto Neubearbeitung der derzeitigen Grundnormen-Richtlinie (oder "Richtlinie 96/29/Euratom des Rates vom 13. Mai 1996 zur Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlungen", wie sie im vollen Wortlaut heißt) um eines der derzeit bedeutendsten legistischen Vorhaben meines Ressorts.

Die neue Grundnormen-Richtlinie bietet auf Basis des derzeitigen Wissensstands den grösstmöglichen Schutz von Arbeitern, Patienten und der Bevölkerung. Zugleich stellt sie eine wesentliche Vereinfachung des Europäischen Rechts dar, indem sie fünf europäische strahlenschutzrelevante Rechtstexte in einem einzigen kompakten Regelwerk zusammenfasst. Darüber hinaus haben wir einige Bereiche, die in den derzeitigen Grundnormen nicht so ausgefeilt enthalten sind, detaillierter in die europäische Strahlenschutz-Gesetzgebung eingebunden.

Ich möchte hier nur den Bereich "Radon" (in geschlossenen Räumen) erwähnen, zu dem im Zuge der Diskussion auf Ebene des Rates der Europäischen Union vor allem von deutscher Seite sehr konstruktive Beiträge kamen. Auch ein besserer Schutz vor ionisierenden Strahlen bei medizinischen Anwendungen soll durch die neue Richtlinie gewährleistet werden.
Ich wünsche Ihnen allen eine erfolgreiche Tagung mit fruchtbaren Diskussionen und einem regen fachlichen Gedankenaustausch, der die Umsetzung dieser so wichtigen Richtlinie erleichtern wird.

Günther H. Oettinger
Europäischer Kommissar für Energie

Grußwort der

Parlamentarischen Staatssekretärin im Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Ursula Heinen-Esser

Mit der Katastrophe von Fukushima ist der Schutz vor ionisierender Strahlung viel stärker als bisher in den Blick von Politik und Öffentlichkeit gerückt. Die Debatte um den Ausstieg aus der Kernenergie und auch die Frage der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle haben die Öffentlichkeit dafür sensibilisiert, wie wichtig das Thema Strahlenschutz in seiner ganzen Breite ist. So ist erkennbar das Bewusstsein dafür gewachsen, dass es dabei nicht nur um den Schutz vor Strahlung aus kerntechnischen Anlagen geht, sondern auch um den Schutz vor natürlicher Strahlung „in den eigenen vier Wänden“, den Schutz am Arbeitsplatz und in der Industrie und vor allem auch den Schutz bei medizinischer Exposition.

Wir sind uns einig, dass das Ziel höchster Sicherheitsstandards beim Strahlenschutz weiterhin kontinuierlicher Anstrengungen bedarf – national und international. Die Politik beweist hierbei Handlungsfähigkeit: Die EU-Mitgliedstaaten haben sich im Mai dieses Jahres auf einen Richtlinienentwurf zur Novellierung der Euratom-Grundnormen zum Strahlenschutz verständigt, der richtungsweisend ist. Die Bundesregierung hat sich dabei intensiv dafür eingesetzt, dass der europäische Strahlenschutz dem aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisstand angepasst wird und neue Regelungen dort getroffen werden, wo Handlungsbedarf besteht, beispielsweise beim Schutz vor erhöhter natürlicher Radioaktivität.

Die 45. Jahrestagung des Deutsch-Schweizerischen Fachverbandes für Strahlenschutz e.V., die gemeinsam mit dem Österreichischen Verband für Strahlenschutz stattfindet, könnte darum nicht aktueller sein. Indem sie eine Reihe zentraler Themen – etwa Fragen der Freigabe und der Freigrenzen, des medizinischen Strahlenschutzes oder der Strahlenexposition durch Radon – und die damit verbundenen Auswirkungen und Herausforderungen fachlich intensiv diskutiert, wird es möglich, noch vor Beginn des Gesetzgebungsverfahrens zur Umsetzung der Grundnormen wichtige Erkenntnisse über die Ausgestaltung des zukünftigen Strahlenschutzes in Deutschland und Europa zu gewinnen. Davon werden alle profitieren.

Ich bin bereits sehr auf die Ergebnisse Ihrer Veranstaltung gespannt und wünsche allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern eine erfolgreiche und spannende Tagung.

Ursula Heinen-Esser
Parlamentarische Staatssekretärin

Grußwort des

Österreichischen Bundesministers für Gesundheit

Alois Stöger

Medizinisch-radiologische Verfahren sind aus der modernen medizinischen Diagnostik und Therapie nicht mehr wegzudenken. Ebenso stellen sonstige Anwendungen ionisierender Strahlung bei entsprechender Beachtung des Strahlenschutzes einen großen Nutzen für die Menschen dar. In welcher Art und Weise der Strahlenschutz dabei zu beachten ist, wird im Wesentlichen durch europäische und nationale Rechtsvorschriften geregelt.

Vor einiger Zeit wurde mit einer umfassenden Novellierung des Strahlenschutzrechts in der Europäischen Union begonnen. Primäre Ziele waren die Zusammenführung bestehender Regelwerke in einer Richtlinie und die Berücksichtigung der jüngsten Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission sowie neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse und praktischer Erfahrungen im Strahlenschutz. Nach intensiven und teilweise kontrovers geführten Verhandlungen ist die neue EU-Strahlenschutz-Richtlinie nunmehr inhaltlich fertig. Sie soll demnächst beschlossen werden und in Kraft treten.

Die Mitgliedstaaten stehen damit bald vor der Herausforderung und Verantwortung, die neuen europäischen Vorgaben in nationales Recht umzusetzen. Dabei wird es vor allem darauf ankommen, das in der neuen Richtlinie vorgegebene hohe Strahlenschutzniveau mit möglichst praxistauglichen und effizienten Mitteln zu erreichen. Möglich wird dies nur unter Bedachtnahme und aufbauend auf die in den einzelnen Ländern gewachsenen Strukturen und Gepflogenheiten im Strahlenschutz sein.

Um diese schwierige Aufgabe bestmöglich lösen zu können, braucht es eine offene und eingehende Diskussion unter Einbeziehung aller Beteiligten. Dafür bietet die gemeinsame Tagung „Europäischer Strahlenschutz im Essener Praxistest“ des Deutsch-Schweizerischen Fachverbandes für Strahlenschutz und des Österreichischen Verbandes für Strahlenschutz in Essen ein ideales Forum.

Ich bin den Verbänden für die Organisation dieser Tagung daher sehr dankbar und überzeugt davon, dass diese Veranstaltung einen wesentlichen Beitrag zu einer optimalen Umsetzung der künftigen EU-Strahlenschutz-Richtlinie in nationales Recht leisten wird.

In diesem Sinne wünsche ich den Veranstaltern viel Erfolg und allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern spannende und fruchtbare Diskussionen.

Herzlichst, Ihr

Alois Stöger
Bundesminister für Gesundheit

Grußwort des

Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft der Republik Österreich

Dipl.-Ing. Nikolaus Berlakovich

Sehr geehrte Damen und Herren!

Geschätzte StrahlenschutzexpertInnen!

Strahlenschutz bedeutet Schutz der Menschen und der Umwelt vor Schäden durch ionisierende Strahlung. Die kontinuierliche Weiterentwicklung der wissenschaftlichen Grundlagen des Strahlenschutzes ist eine ständige Herausforderung und bringt immer wieder neue Erkenntnisse. Darauf basierend werden im Einklang mit den Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) die EU-Strahlenschutzgrundnormen regelmäßig aktualisiert. Kürzlich haben sich die EU-Mitgliedsstaaten im Europäischen Rat auf eine neue Grundnormen-Richtlinie im Strahlenschutz geeinigt, die in einigen – durchaus wesentlichen – Teilgebieten Änderungen gegenüber der derzeit gültigen Richtlinie mit sich bringt und in den kommenden Jahren in allen Mitgliedstaaten in nationales Recht umgesetzt werden muss.

Welche Auswirkungen diese Richtlinie auf den Strahlenschutz in den deutschsprachigen Ländern haben wird, ist das zentrale Thema dieser Tagung und wird bei dieser Veranstaltung sicherlich ausgiebig unter den FachexpertInnen diskutiert werden. Besonders erfreulich ist, dass diese Tagung als eine gemeinsame Veranstaltung des deutsch-schweizerischen Fachverbandes und des österreichischen Verbandes für Strahlenschutz stattfindet. Dadurch wird die Wichtigkeit der internationalen Zusammenarbeit im Bereich Strahlenschutz einmal mehr unterstrichen und die langjährige Kooperation der drei Nachbarländer auf diesem Gebiet konsequent fortgesetzt.

Ich wünsche der Tagung in Essen viel Erfolg. Sie soll neue Wege für den Schutz vor den unerwünschten Wirkungen der ionisierenden Strahlung aufzeigen und so das Leben noch sicherer als bisher zu machen.

Nikolaus Berlakovich
Umweltminister

Grußwort des

Ministers für Arbeit, Integration und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen

Guntram Schneider

Die Nutzung ionisierender Strahlung und radioaktiver Stoffe im medizinischen Bereich vollzieht sich zurzeit in einen rasanten Wandel. Immer mehr, immer modernere und immer komplexere Verfahren werden entwickelt und angewendet. Dabei stehen die Regierungen und Behörden häufig vor der Frage, ob ein neues medizinisches Verfahren auch tatsächlich gerechtfertigt ist, ob es wissenschaftlich ausreichend erprobt und evaluiert ist.

Zur Entscheidungsfindung sind wir immer wieder auf die Interpretation der Regelungen in unseren Gesetzen und Verordnungen und auf das ergänzende untergesetzliche Regelwerk angewiesen. Da Wissenschaft und Technik häufig das Regelwerk in seiner Aktualität überholen, freue ich mich, dass auf dieser Jahrestagung des Fachverbands für Strahlenschutz im Haus der Technik in Essen die neu erarbeiteten europäischen Basisrichtlinien zum Strahlenschutz eine große Rolle spielen sollen.

Daneben freut es mich als den für den allgemeinen Strahlenschutz in Nordrhein-Westfalen zuständigen Minister natürlich ganz besonders, dass innerhalb von 10 Jahren zum zweiten Mal die gemeinsame Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz in meinem Bundesland durchgeführt wird.

Vor genau 10 Jahren, kurz nach dem Inkrafttreten der deutschen Strahlenschutzverordnung und Röntgenverordnung, fand die gemeinsame Jahrestagung in der Deutschen Arbeitsschutz Ausstellung (DASA) in Dortmund statt. Die damalige Tagung, die von der nordrhein-westfälischen Arbeitsschutzverwaltung organisiert worden war, befasste sich insbesondere mit den schwierigen Themen der neugefassten strahlenschutzrechtlichen Verordnungen auf der Grundlage der EURATOM-Richtlinien von 1996 und 1997. Nach meiner Kenntnis hatte die Veranstaltung eine sehr positive Resonanz. Sie hat dazu beigetragen, wichtige Veränderungen im Strahlenschutzrecht bekannt zu machen.

Betrachtet man das anspruchsvolle Veranstaltungsprogramm, dann wird die aktuelle Tagung nicht nur rechtliche Neuentwicklungen sondern auch medizinischen und technischen Fortschritt kommentieren, kommunizieren und dokumentieren. Dies ist meines Erachtens auch eine große Chance in den Ländern Österreich, der Schweiz und in Deutschland, die Bedeutung des Strahlenschutzes zu unterstreichen.

Dafür wünsche ich dem Fachverband für Strahlenschutz viel Erfolg und hoffe, dass alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer eine spannende Veranstaltung erleben.

Guntram Schneider
Minister für Arbeit, Integration und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen

XXX

Themenübersicht

Themenblock „Grundnormen (BSS)“

Themenblock „Freigabe, Freigrenzen“

Themenblock „Optimierung, Richtwerte“

Themenblock „Radon & NORM“

Themenblock „Augenlinse“

Themenblock „RPE/RPO“

Themenblock „Umweltstrahlenschutz“

Themenblock „Medizin“

Der wissenschaftliche Inhalt der einzelnen Beiträge zu diesem Tagungsbericht liegt in der alleinigen Verantwortung der Autoren. Eine inhaltliche Bearbeitung der eingereichten Texte wurde von den Herausgebern nicht vorgenommen.

Festvortrag

Individuelle Strahlenempfindlichkeit (Geschlecht – Alter – genetische Disposition): Konsequenzen für den Strahlenschutz? 3
C. Streffer

Themenblock „Grundnormen (BSS)“

Modernisierung und Konsolidierung der europäischen Strahlenschutzgesetzgebung – die neuen Euratom-Strahlenschutzgrundnormen 15
S. Mundigl

Transposition of the EU Basic Safety Standards: The Czech Republic 21
K. Petrová, J. Davídková, Š. Kochánek

Transposition of the Basic Safety Standards: Potential Impact on French Laws and Regulations 24
J.-L. Godet, M.-M. Perrin, N. Saâd, C. Bardelay

NORM und Radon in Österreich – Status und Strategie 26
F. J. Maringer

Umsetzung der Euratom-BSS in der Schweiz 27
S. Ryf, S. Estier, P. Grimm, R. Linder, B. Ott, M. Palacios, N. Stritt, W. Zeller

Herausforderungen bei der Umsetzung der Euratom-Grundnormen in Deutschland 32
G.-S. Akbarian, J. Vogel

Themenblock „Freigabe, Freigrenzen“

Freigrenzen und Freigabewerte in den neuen Strahlenschutz-Grundnormen der EU 39
S. Thierfeldt

Bedeutung verschiedener Freigabeoptionen für den Rückbau des KKS 47
G. U. Bacmeister

Auswirkungen der EU-Grundnorm – Entfall der Freigabe zum Abriss/Beseitigung im Hinblick auf Rückbauprojekte der WAK GmbH 52
S. Wittmann

Freigabe zur Beseitigung am Beispiel der Karlsruher Isochron Zyklotron (KIZ) – Was kommt danach? 62
N. Keiber, M. Vilgis

Themenblock „Optimierung, Richtwerte“

Auswirkungen der geplanten Art der Dosisbegrenzung für Personen der Bevölkerung in den EU-BSS auf radiologische Modelle zu §§ 47 und 98 StrlSchV 69
O. Nitzsche, P. Harding, S. Thierfeldt

Ausbreitungsberechnung Verbrennungsanlage und Wasserreinigung bei Nuclear Engineering Seibersdorf 76
B. Wellens

Zweibarrieren-Konzept an Kontrollbereichsgrenzen von Kernanlagen 88
R. Ahlfänger, J. Hammer

Strahlenschutzoptimierung ohne und mit Richtwerten 93
B. Lorenz, M. Würtemberger

Themenblock „Radon & NORM“

Umsetzung der neuen internationalen Normen zum Radonschutz im Wohnbereich in der Schweiz 103
M. Palacios-Gruson, F. Barazza, C. Murith, S. Ryf

Auf dem Weg zum österreichischen Radonaktionsplan 108
V. Gruber, W. Ringer, G. Wurm, W. Haider

Bayerisches Radon-Netzwerk und Ausbildung zur Radon-Fachperson 109
S. Körner, A. Kunte

Strahlenexpositionen durch Pb-210 und Po-210 im Modell der Berechnungsgrundlagen Bergbau 113
R. Gellermann

Die Radonstrategie des Freistaates Sachsen 120
S. Hurst, F. Leder

Themenblock „Augenlinse“

Katarakt-Induktion durch ionisierende Strahlung 129
W.-U. Müller

Überwachung der Augenlinse: Wie reagieren die internationalen Organisationen? 135
R. Behrens

Die Bereitstellung von Dosimetern durch die amtlichen Messstellen zur Abschätzung der Augenlinsendosis 141
J. Engelhardt, E. Martini

Abschätzung der Dosis für die Augenlinse beim Umgang mit radioaktivem Abfall 147
A. Krause, B. Lorenz, M. Würtemberger

Spezialvortrag: „Öffentlichkeitsarbeit und Strahlenschutz“ Herausforderungen und Chancen für Strahlenschützer als Fachleute im öffentlichen Diskurs 152
M. Köbl

Themenblock „RPE/RPO“

Der Strahlenschutzbevollmächtigte in Deutschland 155
P. Sahre, A. Beutmann, J. Lorenz, F. Leder, T. Philipp

Strahlenschutzorganisation und Strahlenschutzausbildung in Europa 163
J.-W. Vahlbruch

RPE und RPO in der revidierten schweizerischen Strahlenschutzgesetzgebung 171
S. G. Jahn, N. Stritt, S. Bogni, M. Hammans, B. Dürst, G. Kühne, A. Besançon

Kompetenzerhalt durch Ausbildung 177
U. Ham, M. Kößler

Themenblock „Umweltstrahlenschutz“

Scientific Background for Radiological Protection of the Environment and its Implementation into IAEA Safety Standards 183
G. Proehl, D. Telleria

Umweltstrahlenschutz – das neue Konzept der ICRP 190
C. Kaps, B. Lorenz

Themenblock „Medizin“

Strahlenschutz in der Medizin: Aktuelle Regelungen und die neuen EU-BSS 199
R. Loose, M. Wucherer

Die Möglichkeit behördlicher Einflussnahmen auf strahlenschutztechnische Entwicklungen in der Röntgendiagnostik 203
K. Ewen, W. Huhn

Strahlenrisiken unterschätzt: ! oder ? 208
J. Breckow

Autorenverzeichnis 213

Festvortrag

INDIVIDUELLE STRAHLENEMPFINDLICHKEIT (GESCHLECHT – ALTER – GENETISCHE DISPOSITION): KONSEQUENZEN FÜR DEN STRAHLENSCHUTZ?

C. Streffer

Universitätsklinikum Essen, Deutschland

Zusammenfassung

Die Wirkungen ionisierender Strahlen auf die menschliche Gesundheit werden durch eine Reihe physiologischer und molekularbiologischer Faktoren beeinflusst. Das gilt auch für die Verursachung stochastischer Strahleneffekte insbesondere die Verursachung von Krebs. Vielfältige epidemiologische Studien haben ergeben, dass hinsichtlich der Gesamtrate an solidem Krebs Frauen um den Faktor 1,6 bis 2,0 empfindlicher sind als Männer. Für Leukämien ist dieses nicht der Fall. Die umfangreichsten Studien kommen von den Überlebenden nach den Atombombenabwürfen in Hiroshima und Nagasaki. Aber auch Untersuchungen an der Bevölkerung am Techa River (Südostural) ergeben solche Daten. Die Analysen einzelner Krebslokalisationen fallen jedoch hinsichtlich der Abhängigkeit vom Geschlecht unterschiedlich aus. Zweittumoren nach einer Strahlentherapie wegen Krebs sind ebenfalls bei Frauen häufiger als bei Männern.

Ähnlich ist die Situation hinsichtlich der Abhängigkeit der Krebsrate vom Alter. Die Gesamtrate an Krebs ist bei Kindern am höchsten und nimmt mit zunehmendem Alter ab. Auch hier sind die Effekte jedoch bei einzelnen Krebsentitäten unterschiedlich. Eine besonders starke Altersabhängigkeit ergibt sich für das Schilddrüsenkarzinom.

Zunehmend sind Individuen erkannt worden, die aufgrund ihrer genetischen Disposition besonders strahlenempfindlich auch in Hinsicht auf die Verursachung von Krebs sind. Mechanismen und Möglichkeiten ihrer Erkennung werden diskutiert.

Es wird auch diskutiert, ob und in welchem Ausmaß diese Befunde Konsequenzen für den praktischen Strahlenschutz haben sollten.

Summary

The effects of ionising radiation on human health is influenced by a number of physiological and molecular biological factors. This is also valid for the causation of stochastic radiation effects especially the causation of cancer. Several epidemiological studies have resulted with respect to the total rate of solid cancers that women are more sensitive than men by a factor of 1.6 to 2.0. For leukaemia this is not the case. The largest studies come from the investigations on the survivors of the atomic bombs in Hiroshima and Nagasaki. But also studies on the population of the Techa River (Southeast Urals) yield such data. The analyses of single cancer localizations come to different results with respect to the dependence on the sex. Secondary cancers after radiotherapy for cancer treatment show also higher rates in women than in men.

A similar situation is observed with respect to the dependence of cancer rate on age. The total rate of solid cancers is highest with children and decreases with increasing age. The effects are very different again with single cancer localizations. An especially strong age dependence was observed for thyroid cancer.

Increasingly individuals have been found who are especially radiosensitive on the basis of their genetic disposition also with respect to the causation of cancer. Mechanisms and possibilities to trace these individuals are discussed.

It is also discussed whether and to which extent these data should have consequences for the practical radiological protection.

1. Einleitung

Die grundlegenden Dosisgrenzwerte- und Richtwerte werden in den internationalen wie auch nationalen Strahlenschutzregeln als effektive Dosen angegeben. Diese Dosisgröße ist nicht messbar, sie kann nur rechnerisch mit Hilfe von Wichtungsfaktoren ermittelt werden. So werden zur Berücksichtigung stochastischer Effekte Gewebe-Wichtungsfaktoren verwendet, um die Unterschiede des Strahlenrisikos der verschiedenen Organe und Gewebe zu berücksichtigen. Diese Faktoren sind gemittelt über beide Geschlechter und alle Altersgruppen [1]. Der ICRP-Kommission ist sehr wohl bewusst, dass es signifikante Unterschiede hinsichtlich des Strahlenrisikos zwischen den beiden Geschlechtern, den Altersperioden von Menschen und auch hinsichtlich der genetischen Disposition gibt. Die Kommission kommt jedoch zu der Überzeugung: „The Commission believes that this policy provides for a general system of protection that is simple and sufficiently robust."

Der folgende Beitrag soll eine Übersicht über die vorliegenden Kenntnisse zur individuellen Strahlen-Empfindlichkeit in Abhängigkeit vom Geschlecht, Alter und auch einige Daten zum Einfluss der genetischen Disposition geben. Es steht außer Frage, dass diese drei Faktoren die Höhe der Strahleneffekte beeinflusst. Dieses Manuskript wird sich wesentlich auf die Effekte im niedrigen Dosisbereich (<1 Gy , Sv) also auf stochastische Effekte beziehen. Auf der Basis der dargestellten, heute bekannten Daten soll diskutiert werden, ob eine größere Differenzierung der Dosisgrenzwerte und Richtwerte in den Strahlenschutzregeln notwendig ist. Wenn dieses für erforderlich gehalten wird, soll erörtert werden, in welchem Maße und unter welchen Bedingungen eine solche Differenzierung für den praktischen Strahlenschutz sinnvoll ist. Bei dieser Diskussion soll auch darauf hingewiesen werden, dass die ICRP selbst einige Differenzierungen bei den Dosiswerten empfiehlt, die auch bereits in die Strahlenschutzregeln Eingang gefunden haben bzw. finden , z.B. bei der Berücksichtigung schwangerer Frauen am Arbeitsplatz [1, 2].

2. Strahlenempfindlichkeit und Geschlecht

Sowohl im Tierexperiment als auch in epidemiologischen Studien ist beobachtet worden, dass die Strahlenempfindlichkeit hinsichtlich der Verursachung von Krebs in den beiden Geschlechtern unterschiedlich ist [3, 4, 5]. Betrachtet man die Gesamtrate an Erkrankungen bzw. Todesfällen durch Krebs nach Strahlenexposition, so ergibt sich eine höhere Strahlen-Empfindlichkeit bei Frauen im Vergleich zu Männern. Dieses Phänomen ist am deutlichsten bei den Überlebenden der Atombombenabwürfe in Japan untersucht worden (Tab. 1) [3]. Bei der Analyse des zusätzlichen relativen Risikos (ERR) sind die Frauen um den Faktor 1,6 (alle soliden Krebse) bzw. 1,8 (alle soliden Krebse bei Ausschluss der Organe, die geschlechtsbestimmt sind) empfindlicher. Beim zusätzlichen absoluten Risiko ist diese höhere Strahlenempfindlichkeit allerdings nur gegeben, wenn auch die geschlechtsbestimmten Organe in die Analyse einbezogen sind (Tab. 1).

Tab. 1: Abschätzung des Strahlenrisikos in Abhängigkeit vom Geschlecht für solide Krebs-Erkrankungen in Hiroshima und Nagasaki nach den Atombombenabwürfen diagnostiziert in den Jahren1958 bis 1998. Es sind 17.448 Krebs-Erkrankungen bei der Analyse berücksichtigt worden [3].

Modell	Risiko pro Gy[a]			W:M
	Männlich	Weiblich	Geschl.-gemitt.	
	Alle soliden Krebse			
ERR[c]	0,35 (0,28; 0,43)[b]	0,58 (0,43; 0,69)	0,47 (0,40; 0,54)	1,6 (1,31; 2,09)
EAR[d]	43 (33; 55)	60 (51; 69)	52 (43; 60)	1,4 (1,10; 1,79)
	Alle sol. Krebse (nicht abhängig. v. Geschlecht)[e]			
ERR	0,34 (0,27;042)	0,61 (0,50; 0,73)	0,48 (0,39; 0,56)	1,8 (1,31; 2,09)
EAR	48 (36; 61)	44 (37; 52)	46 (28; 55)	0,9 (0,72: 1,20)

[a] im Alter von 70Jahren nach Exposition im Alter von 30 Jahren
[b] 90 % Konfidenz-Intervalle
[c] „Excess“ relatives Risiko
[d] „Excess“ absolutes Risiko (zusätzliche Fälle pro 10.000 Personen pro Jahr und Gy
[e] Krebse der Brust, Prostata und Reproduktionsorgane sind nicht berücksichtigt.

Tab. 2: Erkrankungen [3] und Todesfälle [4] durch Krebs bei den Überlebenden nach den Atombombenabwürfen in Japan in Abhängigkeit vom Geschlecht. Es ist das zusätzliche relative Risiko (ERR) pro Gy in den verschiedenen Organen ermittelt worden.

Organ	**Erkrankungen** [3]				**Todesfälle** [4]			
	Männl.	**Weibl.**	**Mittel**	**W:M**	**Männl.**	**Weibl.**	**Mittel**	**W:M**
Alle	0,35	0,58	0,47	1,6	0,31	0,66	0,42	2,1
Magen	0,21	0,47	0,34	2,3	0,13	0,51	0,33	3,7
Kolon	0,73	0,34	0,54	0,5	0,50	0,58	0,54	1,2
Leber	0,32	0,28	0,30	0,9	0,30	0,46	0,38	1,6
Lunge	0,28	1,33	0,81	4,8	0,40	1,1	0,79	2,7
Brust	-	0,98	-	-	-	1,50	-	-
Prostata	0,11	-	-	-	0,33	-	-	-
Blase	0,61	1,9	1,23	3,1	0,88	1,5	1,19	1,7
Schilddrüse	0,49	0,65	0,57	1,3	-	-	-	-
Haut o. Mel.	0,10	0,23	0,17	2,2	-	-	-	-
Leukämie	-	-	-	-	4,6	3,9	4,3	0,85

Die Unterschiede der Strahlenempfindlichkeit in Abhängigkeit vom Geschlecht sind auch bei einzelnen Organen sehr verschieden. Dieses gilt sowohl für die Erkrankungen als auch für die Todesfälle durch Krebs nach Strahlenexpositionen (Tab. 2) [3, 4]. Es gibt also Organe, mit einer höheren Strahlenempfindlichkeit bei den Männern und als bei den Frauen und vor allem umgekehrt. Die biologischen Mechanismen, die zu diesen Unterschieden führen, werden bisher nicht verstanden. In einigen Fällen spielen endokrinologische Prozesse offensichtlich eine große Rolle. Dieses trifft wohl für die Schilddrüse und die weibliche Brust zu. Hinsichtlich

dieser beiden Organe ist bedeutungsvoll, dass das Krebsrisiko bei Frauen erheblich höher als bei Männern ist. Es ist selbstverständlich, dass Brustkrebs bei Männern sehr selten ist, aber auch Schilddrüsenkrebs tritt bei Frauen etwa um den Faktor 3 häufiger auf als bei Männern [6]. Interessant ist in diesem Zusammenhang ein experimenteller Befund bei Ratten, dass in den Schilddrüsen weiblicher Raten wesentlich mehr oxidative Radikale einschließlich Wasserstoffperoxid auftreten und dagegen das schützende Enzym Katalase in geringerem Maße exprimiert wird als bei männlichen Ratten [7]. Diese Situationen führen dazu, dass bei der Bestimmung des zusätzlichen absoluten Risikos der strahlenbedingten Verursachung von Krebs nahezu 19 % des Risikos durch diese beiden Krebsentitäten entsteht.

Auch bei der Bevölkerung am Techa River (Südostural), die erhebliche Strahlenexpositionen durch Freisetzung radioaktiver Stoffe aus den Atomwaffenfabriken der früheren Sowjetunion erhalten hat, ist die Frequenz an soliden Krebsen bei Frauen um den Faktor 1,9 (ERR pro Gy) höher als bei Männern [8]. Die Untersuchungen nach pränataler Bestrahlung durch die Atombomben-Katastrophen in Japan ergaben, dass ein erhöhtes Krebsrisiko bei den Überlebenden im Alter von 16-46 Jahren auftrat mit einem ERR pro Sv von 6,7 für Frauen und 0 bei den Männern. In ähnlicher Weise betrug nach einer Strahlenexposition im Alter von 0-5 Jahren in Hiroshima und Nagasaki das ERR pro Sv bei Frauen 2,9 und bei Männern 0 [9]. Nach einer Strahlentherapie wegen einer Krebserkrankung im Kindesalter treten im Erwachsenenalter vermehrt Zweittumoren auf. Auch bei dieser Personengruppe ist das Krebsrisiko der Frauen erheblich höher und die dominierenden Krebslokalisationen finden sich in der Brust sowie in der Schilddrüse [10]. Ein erhöhtes Krebsrisiko nach Einwirkung ionisierender Strahlen wird bei Frauen im Vergleich zu Männern nicht nur nach externer Exposition sondern auch nach interner Exposition beobachtet. Labutina et al. [11] berichten, dass bei Mayak-Arbeitern (Atomwaffenfabrik Südostural) nach Plutonium-Inkorporation bei Frauen ein höheres Lungenkrebsrisiko als bei Männern vorlag, während bei der Verursachung von Leberkrebs kein Unterschied zwischen den Geschlechtern bestand. Die experimentellen und epidemiologischen Untersuchungen ergeben also eindeutig ein höheres Strahlenrisiko für Frauen als für Männer, wenn die Gesamtrate an soliden Krebsen betrachtet wird. Es bestehen jedoch erhebliche Unterschiede für einzelne Krebslokalisationen. Für die Verursachung von Leukämien besteht kein Unterschied zwischen den Geschlechtern.

3. Strahlenempfindlichkeit und Alter

Bereits in den ersten Jahren strahlenbiologischer Forschung ist beobachtet worden, dass die Strahlenempfindlichkeit im Kindesalter größer ist als im Alter von Erwachsenen [12]. Dieses gilt grundsätzlich auch für die Verursachung von Krebs nach Strahlenexposition, wenn auch die Mechanismen für einzelne Effekte unterschiedlich sind. Wie bei der Abhängigkeit der strahlenbedingten Verursachung von Krebs von dem Geschlecht so sind auch für die Altersabhängigkeit starke Unterschiede nach Einwirkung ionisierender Strahlen beobachtet worden. Das Krebsrisiko allgemein ist im Kindesalter am höchsten und nimmt dann mit zunehmendem Alter ab [1, 3, 4, 5] (Tab. 3). Jedoch gibt es auch bei diesem Phänomen erhebliche Unterschiede zwischen einzelnen Krebslokalisationen sowohl hinsichtlich des Krebsrisikos bei Beurteilung der Rate an Erkrankungen als auch an Todesfällen [3, 4]. Die Daten mit dem größten Umfang und damit mit der geringsten Unsicherheit gehen wiederum auf die Untersuchungen der Atombomben-Überlebenden in Japan zurück [3, 4]. Das BEIR Komitee der US Akademie der Wissenschaften hat auf der Basis der Daten von den Überlebenden in Hiroshima und Nagasaki (Krebs-Erkrankungen 1958-1998) und unter Berücksichtigung einiger weiterer epidemiologischer Daten das über die Lebenszeit zugefügte Krebsrisiko (lifetime attributable risk, LAR) mit Hilfe von Modellen für die amerikanische Bevölkerung ermittelt. Das Risiko

wurde nach einer Strahlendosis von 100 mGy, die zu verschiedenen Alterzeitpunkten verabreicht wurde, errechnet [5]. Dieses ist in Tab. 3 für Männer und in Teilen auch für Frauen dargestellt.

Tab. 3: Lebenszeit-Risiko an Krebserkrankungen (Zahl der Fälle) (LAR) nach Strahlenexposition mit 100 mGy zu unterschiedlichen Alterszeitpunkten (Erkrankungen pro 100.000 Personen) [5]

Organ	**Alter zum Zeitpunkt der Exposition (Jahre)**					
	5	**10**	**20**	**40**	**60**	**80**
Männer						
Magen	65	55	40	27	20	7
Kolon	285	241	173	122	94	30
Leber	50	43	30	21	14	3
Lunge	261	216	149	104	89	34
Prostata	80	67	48	35	26	5
Blase	177	150	108	79	66	23
Schilddrüse	76	50	21	3	0,3	0,0
Alle solid. Krebse	1.667	1.325	881	564	407	126
Leukämien	149	120	96	84	82	48
Frauen						
Brust	914	712	429	141	31	4
Schilddrüse	419	275	113	14	1	0,0
Alle solid. Krebse	3.265	2.525	1.575	824	529	177

Das Gefälle des strahlenbedingten Krebsrisikos mit zunehmendem Alter ist in Hiroshima und Nagasaki für die Todesfälle stärker gefunden worden als für die Erkrankungen [3, 4]. Preston et al. [3] berichteten im Gegensatz zu früheren Mitteilungen [13], dass das zusätzliche relative Risiko (ERR) pro Gy für Brustkrebs-Erkrankungen mit zunehmendem Alter nicht abnahm und erklärten diesen Befund mit dem Anstieg von Brustkrebs allgemein in der japanischen Bevölkerung während der letzten Jahrzehnte. Dieser Effekt trat dann auf, wenn das Alter, zu dem der Brustkrebs diagnostiziert wurde, eine zusätzliche Berücksichtigung fand („attained age“) Eine Reduktion des Brustkrebsrisikos mit steigendem Alter ist jedoch auch bei anderen epidemiologischen Studien beobachtet worden z.B. nach röntgenologischen Durchleuchtungen zur Kontrolle eines Pneumothorax [5]. Daher resultiert bei der Modellierung des Brustkrebsrisikos die Abnahme mit steigendem Alter in der Darstellung der Tab. 3 sicher zu recht. Besonders hervorzuheben ist die starke Abnahme des Krebsrisikos in der Schilddrüse mit zunehmendem Alter bei beiden Geschlechtern (Tab. 3). Dieser Effekt führt dazu, dass eine Strahlenexposition der Schilddrüse im Erwachsenenalter nur zu einer sehr geringen Erhöhung des Krebsrisikos, während dieser Effekt nach Expositionen im Kindesalter sehr hoch ist. Derartige Beobachtungen sind vor allem auch nach den starken Freisetzungen von Jod-131 bei der Reaktorkatastrophe in Tschernobyl gemacht worden. Hinsichtlich des histologischen Typs überwiegen nach Strahlenexposition bei weitem die papillären Schilddrüsenkarzinome, während medulläre und anaplastische Karzinome nicht vermehrt beobachtet werden [6].

4. Strahlenempfindlichkeit und genetische Disposition

An der Entwicklung nahezu aller Strahleneffekte in niedrigen (<0,5 Gy/Sv) bzw. mittleren (1-2 Gy/Sv) Dosisbereichen sind strahlenbedingte DNA-Schäden und darauf folgend DNA-Reparatursysteme zur möglichen Reduktion dieser Schäden beteiligt [1, 5, 14]. Bei der Verursachung stochastischer Effekte und insbesondere Krebs durch ionisierende Strahlen sind genetische Mutationen und Veränderungen der Zell-Proliferation die entscheidenden biologischen Prozesse [1, 5, 14]. Es sind eine ganze Reihe von Syndromen beim Menschen beschrieben, bei denen eine erhöhte Neigung zu Krebs besteht (Ataxia telangiectasia, Bloom´s Syndrom, Fanconi Anämie, Li Fraumeni Syndrom, Neurofibromatose, Retino-blastom u.a.). Sehr häufig sind bei diesen Individuen genetisch bedingte Minderungen bis hin zu Ausfällen einzelner DNA-Reparaturprozesse und/oder Veränderungen an Schlüsselpositionen der Regulation im Zell-Proliferationszyklus beschrieben worden [1, 5, 14, 15]. Es können Tumor-Suppressor-Gene mutiert und damit nicht mehr funktionsfähig sein (z.B. p53, Li Fraumeni Syndrom). Es ergibt sich dann eine erhöhte Strahlenempfindlichkeit, die erstmals durch schwerwiegende Schädigungen bei der Strahlentherapie dieser Patienten mit Krebs erkannt worden ist. Vielfältige experimentelle Untersuchungen haben in einigen Fällen zur Aufklärung der Mechanismen dieser Phänomene geführt. Bei den Patienten werden regulative Störungen bei der Zell-Proliferation, eine reduzierte DNA-Reparatur und eine erhöhte genomische Instabilität beobachtet. Die bei diesen Patienten verursachten malignen Neoplasien treten vorzugsweise in bestimmten Organen (z.B. bei Ataxia im lymphatischen System, bei Retinoblastom im Auge) auf [16]. Bei Frauen, die Mutationen in den Genen BRCA 1 oder BRCA 2 haben, wird ein erhöhtes Risiko für Brustkrebs gefunden. Auch hier besteht eine erhöhte Strahlenempfindlichkeit [5].

Es gibt eine Vielzahl experimenteller Daten zu der erhöhten Strahlenempfindlichkeit beim Menschen durch diese genetischen Syndrome auf zellulärer, zytogenetischer und molekularer Ebene sowie klinische Daten vor allem in der Strahlentherapie, aber es fehlen epidemiologische Ergebnisse über eine mögliche Erhöhung der Krebsraten im niedrigen bis mittleren Dosisbereich (<2 Gy/Sv). Es sind allerdings Experimente mit p53-knock out Mäusen (wie dies für das Li Fraumeni Syndrom zutrifft) durchgeführt worden, bei denen eine deutlich erhöhte Häufigkeit an Krebs im Vergleich zu Wildtyp-Mäusen nach Bestrahlung mit 4 Gy beobachtet wurde [16, 17]. Ferner wurden vermehrt Zweittumoren nach einer Strahlentherapie bei Patienten beschrieben, die an einem Retinoblastom der Augen erkrankt waren und eine Mutation im Retinoblastom-Gen hatten [16, 17]. Diese Strahlentherapie erfolgte ebenfalls mit hohen Strahlendosen. Von der ICRP wird angenommen, dass in Extremfällen eine Erhöhung der Strahlenempfindlichkeit um den Faktor 5 durch genetische Prädispositionen im Vergleich zur Normalbevölkerung eintreten kann [17].

Die Erhöhung der genomischen Instabilität ist nach Strahlenexposition vor etwa 25 Jahren erstmals beschrieben worden. Dieser Effekt zeichnet sich dadurch aus, dass er erst über viele Zellteilungen hinweg sich entwickelt und dann nach mehr als 20 Zellgenerationen auftritt. Die Instabilität kann z.B. durch ein vermehrtes Auftreten von Chromosomen-Aberrationen beobachtet werden. Die molekularen Charakteristika der Aberrationen gleichen dann denjenigen, die „spontan“ ohne Strahlenexposition gefunden werden. Sie unterscheiden sich also deutlich in ihrer Struktur von den Aberrationen, die direkt nach der Strahleneinwirkung beobachtet werden. Diese Situation führt offensichtlich dazu, dass durch ionisierende Strahlen verursachte Krebse keine typischen Signaturen im Genom des Krebses aufweisen. Es scheint daher auch keine Möglichkeit einer Unterscheidung zwischen durch Strahlen verursachtem Krebs

und „spontanem“ Krebs zu bestehen. Die erhöhte genomische Instabilität leistet offensichtlich einen starken Beitrag zur Entwicklung eines Krebses. Bei diesen über viele Jahre ablaufenden Prozessen müssen mehrere Mutationsschritte aufeinander folgen und durch die erhöhte genomische Instabilität nimmt die Wahrscheinlichkeit von Mutationen erheblich zu [16]. In diesem Zusammenhang ist von Interesse, dass bei Individuen mit Krebs eine erhöhte genomische Instabilität nicht nur in den Krebszellen sondern auch in normalen Zellen, z.B. den im Blut zirkulierenden Lymphozyten, zu beobachten ist [16]. Möglicherweise kann auf diese Weise eine prognostische Aussage zum Auftreten von Krebs ganz allgemein gemacht werden.

5. Mögliche Konsequenzen für den praktischen Strahlenschutz

Der allgemeine Dosisgrenzwert für die Bevölkerung ist für die effektive Dosis bei 1 mSv pro Jahr festgelegt worden. Dieser Wert liegt weltweit im Bereich der mittleren Exposition aus natürlichen Quellen. Es gibt weite Regionen auch in Deutschland mit höheren natürlichen Strahlenexpositionen. Der Grenzwert 1 mSv wird seit Jahren von der ICRP empfohlen, er ist von der EU in die „Grundnormen des Strahlenschutzes“ und von den nationalen Staaten in ihre Strahlenschutzregeln übernommen worden [1, 2, 18]. Eine Differenzierung nach Geschlechtern, Altersgruppen oder genetischen Dispositionen wird nicht vorgenommen und steht für diesen Grenzwert auch nicht in einer ernsten Debatte.

Dagegen wird für die Grenz- und Richtwerte am Arbeitsplatz immer wieder die Diskussion geführt, dass eine Differenzierung insbesondere des Grenzwertes für die effektive Dosis auch bei „geplanten Expositionen“ nach ICRP [1] überlegt werden sollte [19]. Die ICRP hat gegen eine solche Differenzierung zwei Gründe in ihren Empfehlungen angeführt: 1) Den praktischen Strahlenschutz möglichst einfach zu halten. 2) Eine Differenzierung nach Geschlechtern könne zu Diskriminierungen an einigen Arbeitsplätzen führen. Die Kommission ist der Überzeugung, dass die Optimierung ein wichtiges Instrument ist, um die Strahlenexposition nach den spezifischen Gegebenheiten eines Arbeitsplatzes so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar (reasonably achievable) zu halten. Die Optimierung wird daher in den neuesten Grundsatzempfehlungen noch stärker betont. Sie wird als ein iterativer Prozess gesehen, der nicht nur bei der Planung einer Anlage sondern auch während des Betriebes der Anlagen ständig optimiert werden kann [1].

Schließlich soll dargelegt werden, über welches Risiko hier diskutiert wird. Der „nominale Risiko-Koeffizient“ für Krebs wird in den jüngsten Grundsatzempfehlungen der ICRP für Erwachsene mit 4,1 10^{-2} Sv^{-1} („Detriment“) angegeben [1]. Bei 20 mSv pro Jahr erreicht er dann einen Wert von 8,2 10^{-4} pro Jahr. Würde man für Frauen ein um den Faktor 2 höheres Krebsrisiko durch ionisierende Strahlen als für Männer annehmen, so würde der nominale Risikokoeffizient bei 20 mSv pro Jahr für Männer 5,46 10^{-4} und für Frauen 10,92 10^{-4} pro Jahr betragen. Es ist also ein Abwägungsprozess zwischen dem angegebenen Risiko und den beiden o.g. Argumenten (Pragmatismus im Strahlenschutz, mögliche Diskriminierung am Arbeitsplatz) notwendig. Die Optimierung der Anlagen und der Arbeitsprozesse hat offensichtlich dazu geführt, dass die gemessenen Personendosen bei den Beschäftigten z.B. in Deutschland im Mittel erheblich unter dem Dosisgrenzwert liegen. Etwa 1 Promille der Beschäftigten werden mit Personendosen von 6-20 mSv pro Jahr registriert und Grenzwertüberschreitungen liegen hinsichtlich ihrer Häufigkeit um mehr als einen Faktor 10 niedriger [20].

In Deutschland gilt darüber hinaus, dass Personen unter 18 Jahren im allgemeinen auch bei Tätigkeiten im Kontrollbereich für die effektive Dosis einen Grenzwert von 1 mSv pro Jahr

einhalten müssen. Für Auszubildende und Studierende im Alter von 16-18 Jahren kann die zuständige Behörde für die effektive Dosis einen Grenzwert von 6 mSv pro Jahr festlegen. Ferner darf bei Frauen „im gebärfähigen Alter“ „die über einen Monat kumulierte Dosis der Gebärmutter den Grenzwert von 2 Millisievert nicht überschreiten. Für ein ungeborenes Kind, das auf Grund der Beschäftigung der Mutter einer Strahlenexposition ausgesetzt ist, darf die Äquivalentdosis vom Zeitpunkt der Mitteilung der Schwangerschaft bis zu deren Ende den Grenzwert von 1 Millisievert nicht überschreiten. Als Äquivalentdosis des ungeborenen Kindes gilt die Organdosis der Gebärmutter der schwangeren Frau“ [18].

Es wird also hier der höheren Strahlenempfindlichkeit im jugendlichen und kindlichen Alter sowie während der pränatalen Entwicklung Rechnung getragen. Der besonders notwendige Schutz des Embryos und Feten wird in den ICRP Grundsatz-Empfehlungen [1], den EU-Grundnormen [2] und nationalen Regeln [18] stark hervorgehoben und durch besondere Regelungen beim normalen Betrieb von Anlagen sowie bei der Anwendung ionisierender Strahlen in der Forschung, Medizin und Technik gewährleistet. Hinsichtlich des Strahlenschutz bei Personen mit einer erhöhten Strahlenempfindlichkeit aufgrund genetischer Dispositionen kommt die ICRP Kommission jedoch zu dem Schluss, dass der Anteil von Personen mit einer derartig erhöhten Strahlenempfindlichkeit zu selten ist, um für diese Personen Sonderregelungen vorzusehen. Dieses Vorgehen erscheint für Mitglieder solcher Personengruppen in der allgemeinen Bevölkerung durchaus vertretbar. Es muss jedoch kritischer gesehen werden, wenn die Gefahr einer höheren Strahlenexposition bei Unfällen oder Störfällen zu regeln ist. Insbesondere bei Situationen, bei denen möglicherweise Strahlendosen >100 mSv zu erwarten sind, um Menschenleben zu retten oder andere dringende Aktionen durchzuführen sind, erscheint es sinnvoll bzw. notwendig, Personen, die möglicherweise eine erhöhte Strahlenempfindlichkeit aufgrund genetischer Dispositionen haben, nicht bei derartigen Aktionen einzusetzen.

Wie kann man Personen mit einer erhöhten Strahlenempfindlichkeit aufgrund der genetischen Disposition erkennen ohne bioethische Grundregeln wie z.B. im „Übereinkommen zum Schutz der Menschenrechte und der Menschwürde im Hinblick auf die Anwendung von Biologie und Medizin: Menschenrechtsübereinkommen zur Biomedizin des Europarats“ festgelegt [18] zu verletzen. Genetische Analysen scheiden aus, da sie nur aus medizinischen Gründen erlaubt sind. Allerdings ist es möglich, Familien-anamnestische Erhebungen vorzunehmen (z.B. Krebsfälle in der Familie, auffallende Nebeneffekte bei einer Strahlentherapie in der Familie) Ferner sollten allgemeine, einfache Laborteste entwickelt werden, die es erlauben, eine erhöhte Strahlenempfindlichkeit zu erkennen (z.B. mit Hilfe von Chromosomen-Analysen, Testung der genomischen Instabilität oder der DNA-Reparatur, „Comet Assay“). es geht also nicht um die generelle Beschäftigung solcher Individuen in den üblichen Kontrollbereichen sondern um die Beschäftigung in Einsatzgruppen bei etwaigen Unfällen z.B. in kerntechnischen Anlagen. Es wird sicher notwendig sein, derartige Unternehmungen durch Ethik-Kommissionen prüfen zu lassen. Letztendlich werden die bisherigen hämatologischen Laborwerte, die bei den Untersuchungen des ermächtigten Strahlenschutzarztes durchgeführt werden, auch durch genetische Dispositionen geprägt. Es fragt sich allerdings auch grundsätzlich, ob Frauen wegen ihres höheren Krebs-Risikos durch ionisierende Strahlen bei Maßnahmen mit der Möglichkeit, Strahlendosen >100 mSv zu erhalten, eingesetzt werden sollten.
Experimentelle Untersuchungen und epidemiologische Studien haben deutlich die starke Abhängigkeit der Verursachung von Schilddrüsenkrebs vom Geschlecht und Alter zum Zeitpunkt der Exposition gezeigt. Offensichtlich kommt genetischen und biochemischen Faktoren eine große Bedeutung in dieser Frage zu. Bei Reaktorunfällen werden Radionuklide des Jods wegen ihrer hohen Flüchtigkeit in starkem Maße freigesetzt. Diese Freisetzung hat selektive

Strahlenexpositionen in der Schilddrüse zur Folge mit einer großen Zunahme an Schilddrüsenkrebs bei Kindern, während dieses Risiko mit zunehmenden Alter in erheblichem Maß abnimmt (Tab. 3). Bekanntlich kann die Aufnahme der Radionuklide des Jods in die Schilddrüse durch die Gabe an stabilem Kaliumjodid (KI) blockiert werden. Andererseits gibt es gewisse toxische Effekte durch starke und wiederholte Jodgaben, die durch Wechselwirkungen mit anderen Medikamente verstärkt werden. Diese Effekte können während der pränatalen Entwicklung von Feten und Neugeborenen kritisch sein. Es bedarf daher eines sorgfältigen Abwägens der Jodblockade mit ihren Nebeneffekten und der Minderung des Krebsrisikos [22]. Hier ergeben sich im Zusammenhang mit Unfällen in kerntechnischen Anlagen Fragen, die einer weiteren sorgfältigen Klärung bedürfen.

6. Literaturverzeichnis

[1] ICRP: Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Pergamon Press, Oxford, New York, Frankfurt, Seoul, Sydney, Tokyo, 2007

[2] EU-Grundnormen, Entwurf 2013

[3] Preston, D.L.; Ron, E.; Tokuoka, S. et al.: Solid cancer incidence in atomic bomb survivors: 1958-1998. Radiat. Res. 168, 1-64, 2007

[4] Ozasa, K. ; Shimizu, Y. ; Suyama A. et al.: Studies of the Mortality of Atomic Bomb Survivors, Report 14, 1950–2003: An Overview of Cancer and Noncancer Diseases. Radiat. Res. 177, 229–243, 2012

[5] BEIR.: Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. National Academy Press, Washington, D.C., 2005

[6] Reiners, C.: Diagnostik, Therapie und Nachsorge des Schildrüsenkarzinoms, 3. Auflage. UNI-Med Verlag AG, Bremen-London-Boston. 2010

[7] Soares Fortunato, R.; Brage, W.M.O.; Ortenzi, V. H. et al.: Sexual dimorphism of thyroid reactive oxygen species production due to higher NADPH oxidase 4 expression in female thyroid glands. Thyroid 23(1), 111-119, 2013

[8] Krestinina, L.Yu.,. Preston, D. L , Ostroumova, E. V.et al.: Protracted Radiation Exposure and Cancer Mortality in the Techa River Cohort. Radiat. Res. 164, 602–611, 2005

[9] ICRP: Biological Effects after Prenatal Irradiation (Embryo and Fetus) ICRP Publication 90, Pergamon, Elsevier Ltd., Oxford, New York, Tokyo, 2003

[10] Constine, L.S.; Tarbell, N.; Hudson, M.M. et al.: Subsequent malignancies in children treated for Hodgkin´s disease: Associations with gender and radiation dose. Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., 72(1), 24–33, 2008

[11] Labutina, E.V.; Kuznetsova, I.S.; Hunter, N. et al.: Radiation risk of malignant neoplasms in organs of main deposition for plutonium in the cohort of Mayak workers with regard to histological types.. Health Physics 105(2), 165-176, 2013

[12] Streffer C. and· Herrmannn T.:. Ein Jahrhundert Entwicklung in der Strahlenbiologie - Grundlagen einer gezielten und effizienten Strahlentherapie. Strahlenther Onkol 188, Suppl. 3, 231-244, 2012

[13] Land, C.E.; Tokunaga, T.; Hayashi, Y. et al.: Incidence of female breast cancer among atomic bomb survivors, Hiroshima and Nagasaki, 1950-1990. Radiat. Res. 160, 707-717, 2003

[14] Streffer, C., Bolt, H., Follesdal, D. et al.: Low Dose Exposures in the Environment, Springer, Berlin-Heidelberg-New York

[15] Streffer, C.: Radiological protection: Challenges and fascination of biological research. StrahlenschutzPRAXIS Heft 2, 1-12. 2009

[16] Streffer, C.: Strong association between cancer and genomic instability. Radiat Environ Biophys., 49:125–131, 2010

[17] ICRP: Genetic Susceptibility. ICRP Publication 79. Pergamon Press, Oxford, New York, Frankfurt, Seoul, Sydney, Tokyo, 1998

[18] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen (Röntgenverordnung - RöV), 2003

[19] Persson, L.: The gender Problem in radiation protection. StrahlenschutzPRAXIS , Heft 4, 37-40, 2012

[20] Frasch, G., Fritzsche, E., Kammerer, L. et al.: Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland, Bundesamt für Strahlenschutz, 2012

[21] Europarat: Übereinkommen zum Schutz der Menschenrechte und der Menschwürde im Hinblick auf die Anwendung von Biologie und Medizin: Menschenrechtsübereinkommen zur Biomedizin des Europarats, vom 19. November 1996

[22] Reiners, Chr., Schneider, R.: Potassium iodide (KI) to block the thyroid from exposure to I-131: current questions and answers to be discussed. Radiat. Environm. Biophysics published online: 09 March 2013

Themenblock
Grundnormen (BSS)

MODERNISIERUNG UND KONSOLIDIERUNG DER EUROPÄISCHEN STRAHLENSCHUTZGESETZGEBUNG – DIE NEUEN EURATOM-STRAHLENSCHUTZGRUNDNORMEN

S. Mundigl

Europäische Kommission, Generaldirektion Energie, Abteilung D3 Strahlenschutz, EUFO, Luxemburg

Zusammenfassung
Mit der Entwicklung neuer grundlegender Sicherheitsnormen zum Schutz vor den Gefahren ionisierender Strahlung, gemäß Artikel 2 und Artikel 30 des Euratom Vertrages, modernisiert und konsolidiert die Europäische Kommission die Europäische Strahlenschutzgesetzgebung. Die neue Richtlinie bietet in einem einzelnen kohärenten Dokument, Strahlenschutzgrundnormen, die den status-quo von Wissenschaft und Technik berücksichtigen, alle relevanten Strahlenquellen, inklusive natürlicher Strahlenquellen, abdecken, den Schutz der Arbeiter, der Bevölkerung, der Patienten und der Umwelt integrieren, alle Expositionssituationen, geplante, bestehende und Notfallsituationen, abdecken und numerische Werte mit internationalen Standards harmonisieren. Nach sehr positiven Stellungnahmen der Artikel 31 Sachverständigengruppe und des Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschusses, hat im May 2013 auch die Arbeitsgruppe für Atomfragen des Europäischen Rates (WPAQ) dem Richtlinienentwurf zugestimmt. Die Stellungnahme des Europäischen Parlaments wird für September 2013 erwartet, was eine Veröffentlichung der Richtlinie im Amtsblatt der Europäischen Union Ende 2013 möglich macht.

Summary
With the development of new basic safety standards for the protection against the dangers arising from ionising radiation, foreseen in Article 2 and Article 30 of the Euratom Treaty, the European Commission modernises and consolidates the European radiation protection legislation. The new Directive offers in a single coherent document, basics safety standards for radiation protection which take account of the status-quo of science and technology, cover all relevant radiation sources, including natural radiation sources, integrate protection of workers, members of the public, patients and the environment, cover all exposure situations, planned, existing, emergency, and harmonise numerical values with international standards. After having received very positive opinions of the Article 31 Group of Experts and the European Economic and Social Committee, the proposed Directive has reached agreement in the Working Party on Atomic Questions of the European Council (WPAQ). The Opinion of the European Parliament is expected in September 2013, which would allow a publication of the Directive in the Official Journal of the European Union by the end of 2013.

Schlüsselwörter *Strahlenschutz, grundlegende Sicherheitsnormen, Euratom Vertrag, Europäische Kommission, Strahlenschutzgrundnormen,*
Keywords *radiation protection, basic safety standards, Euratom treaty, European Commission*

1. Einleitung

Basierend auf Artikel 2 und Artikel 30 des Euratom Vertrages [1], entwickelt die Kommission seit 1959 Strahlenschutzgrundnormen, um einen höchstmöglichen Schutz der Arbeiter und der Bevölkerung vor den Gefahren ionisierender Strahlen zu gewährleisten. Seither wurden die Grundnormen, unter Berücksichtigung der neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse und Empfehlungen, regelmäßig überarbeitet (in den Jahren 1962, 1966, 1976, 1980, 1984 und zuletzt 1996). Die aktuellen Strahlenschutzgrundnormen, Richtlinie 96/29/Euratom [2], wurden im Jahre 1997 um eine Richtlinie 97/43/Euratom [3] zum Schutze des Patienten gegen die Gefahren ionisierender Strahlung bei medizinischer Exposition ergänzt.

Die Veröffentlichung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse sowie internationaler Empfehlungen im Bereich Strahlenschutz haben die Kommission dazu bewogen, die Euratom Strahlenschutzgrundnormen zu überarbeiten. Ziel war eine Modernisierung und Konsolidierung der Europäischen Strahlenschutzgesetzgebung, die den status-quo von Wissenschaft und Technik berücksichtigt, alle relevanten Strahlenquellen, inklusive natürlicher Strahlung, abdeckt, den Schutz der Arbeiter, der Bevölkerung, der Patienten und der Umwelt integriert, und numerische Werte mit internationalen Standards harmonisiert. Der Richtlinienvorschlag trägt zudem zur Vereinfachung und Verbesserung der existierenden Strahlenschutzgesetzgebung, durch das Zusammenführen von fünf existierenden Richtlinien – den Strahlenschutzgrundnormen [2], der Patientenschutzrichtlinie [3], der Richtlinie zum Schutz externer Arbeitskräfte [4], der Richtlinie zur Unterrichtung der Bevölkerung über eine radiologische Notfallsituation [5], und der Richtlinie zur Kontrolle hoch-radioaktiver umschlossener Strahlenquellen und herrenloser Strahlenquellen [6] – sowie einer Empfehlung der Kommission zu Radon in Gebäuden [7], bei.

2. Einige Merkmale der neuen grundlegenden Sicherheitsnormen im Strahlenschutz

Einer der Hauptgründe für die Überarbeitung der grundlegenden Sicherheitsnormen war sicherlich die Veröffentlichung neuer Empfehlungen zum Strahlenschutz durch die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) im Jahre 2007 – ICRP Veröffentlichung 103 [8]. In diesen Empfehlungen modernisiert ICRP die dem Strahlenschutz zugrunde liegende Philosophie und empfiehlt die Exposition durch ionisierende Strahlung je nach der vorliegenden Situation in geplante Expositionssituationen, bestehende Expositionssituationen und Notfallsituationen zu unterscheiden. Zudem empfiehlt ICRP die Exposition durch natürliche Strahlenquellen konsistent in dieses System einzubinden. ICRP hält an den schon bisher geltenden Strahlenschutzgrundprinzipien Rechtfertigung, Optimierung und Dosisbegrenzung fest, unterstreicht sogar deren Bedeutung. Die neuen Strahlenschutzgrundnormen orientieren sich an der von ICRP vorgegebenen Philosophie. Sie decken die von ICRP vorgeschlagenen Expositionssituationen ab und berücksichtigen alle relevanten Strahlenquellen, inklusive Radon, kosmische Strahlung und NORM, ohne zwischen "menschgemachten" künstlichen und natürlichen Strahlenquellen zu unterscheiden. Die neuen Strahlenschutzgrundnormen enthalten explizite Anforderungen an die Rechtfertigung und deren Nachprüfung, im medizinischen und nichtmedizinischen Bereich, und verstärken die Anforderungen an die Optimierung, unter anderem durch die Einführung von Dosisrichtwerten und Referenzwerten. Schließlich schlägt ICRP in Empfehlung 103 vor, den Schutz der Umwelt, gemeint ist der Schutz von Flora und Fauna vor den Effekten ionisierender Strahlung, konsistent in das bestehende Strahlenschutzsystem einzubinden. Basierend auf dieser Idee, fordern die Strahlenschutzgrundnormen, auf moderate Weise, dass mögliche Effekte auf Flora und Fauna bei der Erteilung von Genehmigungen

radioaktiver Ableitungen aus geplanten Situationen geprüft werden. Mit den ICRP Veröffentlichungen 91 [9], 108 [10], 114 [11] und "Protection of the Environment under Different Exposure Situations" [12] bietet ICRP eine vollständige Methodologie, die eine entsprechende Prüfung ermöglicht.

Die neuen Strahlenschutzgrundnormen bieten einen besseren Schutz für beruflich strahlenexponierte Personen, insbesondere für medizinisches Personal, Arbeiter an Arbeitsplätzen mit Radon und in NORM Tätigkeiten, sowie für externe Arbeitskräfte. Die Anforderungen in der derzeit noch gültigen Richtlinie 96/29/Euratom [2] bieten bereits einen sehr guten beruflichen Strahlenschutz, der durch die neue Ausrichtung der Richtlinie nun auch bei Arbeitsplätzen mit deutlich erhöhter natürlicher Strahlung, z.B. bei NORM Tätigkeiten, Radon an Arbeitsplätzen, fliegendes Personal, Astronauten, und auch bei berufsbedingter Notfallexposition entsprechende Anwendung findet. Die Zusammenführung der Grundnormen mit der Richtlinie zum Schutz externer Arbeitskräfte verstärkt den Schutz dieser durch eine konsistente Anpassung der Definitionen und einer klaren Darstellung der Verantwortlichkeiten des Unternehmers, des Arbeitgebers und des externen Arbeiters. Neuere wissenschaftliche Erkenntnisse zur Strahlensensitivität der Augenlinse machten es erforderlich, den Dosisgrenzwert für die Augenlinse substanziell zu reduzieren – von bisher 150 mSv pro Jahr auf 20 mSv pro Jahr. Für die effektive Dosis wird ein Grenzwert von 20 mSv pro Jahr – unter Wegfall der bisher erlaubten Mittelung über fünf Jahre – vorgeschlagen.

Die neuen Strahlenschutzgrundnormen bieten einen besseren Schutz für die Bevölkerung, insbesondere vor Radon in Häusern, aber auch vor Radioaktivität in Baumaterialien. Die Richtlinie fordert von Mitgliedstaaten die Etablierung eines nationalen Aktionsplans unter Berücksichtigung aller möglichen Radonquellen: Boden, Baumaterialien, Wasser, sowie die Festlegung von Radonvorsorgegebieten oder sonstiger Kriterien. Mitgliedstaaten müssen einen nationalen Referenzwert definieren, der maximal 300 Bq/m^3 betragen soll. Dieser Referenzwert soll für alle Gebäude gelten, ob privat oder beruflich genutzt.

Die neuen Strahlenschutzgrundnormen bieten einen besseren Schutz für Patienten, insbesondere durch neue Anforderungen an die Rechtfertigung medizinischer Exposition, durch Maßnahmen zur Stärkung der Sicherheitskultur im medizinischen Bereich und durch Maßnahmen zur Vermeidung unfallbedingter oder unbeabsichtigter Expositionen. Letzteres erfordert zum Beispiel eine Risikoanalyse in der Radiotherapie, eine Registrierung und Analyse von Ereignissen, sowie ein Informationssystem über signifikante Ereignisse zu dem die Behörde, der überweisende Arzt, der Radiologe, und der Patient Zugang haben. Die neuen Grundnormen enthalten auch Anforderungen an eine adäquate Information für Patienten zur Einverständniserklärung.

Die neuen Strahlenschutzgrundnormen stärken die Bestimmungen an die Notfallvorsorge und Gefahrenabwehr, unter Berücksichtigung der Erfahrungen mit dem Reaktorunfall in Fukushima. Die Richtlinie fordert die Durchführung von Gefährdungsanalysen, führt Referenzwerte ein, die im Notfall nicht überschritten werden sollten, und stärkt die Zusammenarbeit zwischen Mitgliedstaaten, auch zwischen Nichtnachbarstaaten.

Die neuen Strahlenschutzgrundnormen propagieren ein gestuftes Vorgehen bei der behördlichen Kontrolle ("*graded approach to regulatory control*"), dass es ermöglicht den Grad der Kontrolle dem Gefährdungspotential der Tätigkeit anzupassen. Die abgestufte Vorgehensweise reicht von der generischen Freistellung mittels Freigrenzen, über genehmigungsfreien Betrieb bis zur Genehmigung, die wiederum zwei Abstufungen – die Registrierung und die Li-

zenz – enthält. Das System der behördlichen Kontrolle gilt mit den neuen Strahlenschutzgrundnormen im selben Maße für Tätigkeiten mit künstlichen wie mit natürlichen radioaktiven Quellen, hier insbesondere für NORM Tätigkeiten. Aber auch hier soll ein gestuftes Vorgehen zur Anwendung kommen. Strahlenschutztechnisch relevante NORM Industrien sollen von Mitgliedstaaten, basierend auf einer indikativen Positivliste im Anhang der Richtlinie, identifiziert werden. Industrien, die Materialien mit Aktivitätskonzentrationen unter 1 Bq/g (10 Bq/g für K40) verarbeiten bleiben nicht anzeigepflichtig, außer es handelt sich um Industrien die Rückstände in Baumaterialien wiederverwerten oder wenn Auswirkungen auf die Qualität des Trinkwassers möglich sind. Die Richtlinie sieht weiterhin vor, dass in identifizierten NORM Tätigkeiten, in denen die Strahlenexposition von Arbeitern zwischen 1 mSv pro Jahr und 6 mSv pro Jahr betragen kann, diese zu beobachten und zu optimieren ist. In Tätigkeiten, in denen die berufliche Strahlenexposition 6 mSv pro Jahr überschreiten kann, finden alle relevanten Bestimmungen zum beruflichen Strahlenschutz Anwendung.

Durch die Zusammenführung der fünf wichtigsten Richtlinien im Strahlenschutz konnten Definitionen und Anforderungen konsistent und kohärent aufeinander abgestimmt werden. Schließlich wurde auch großer Wert darauf gelegt, numerische Werte mit internationalen Standards, insbesondere den internationalen Strahlenschutzgrundnormen [13], zu harmonisieren.

Die neue Richtlinie bietet in einem einzelnen kohärenten legislativem Dokument, Strahlenschutzgrundnormen, die den status-quo von Wissenschaft und Technik berücksichtigen, alle relevanten Strahlenquellen, inklusive natürlicher Strahlung, abdecken, den Schutz der Arbeiter, der Bevölkerung, der Patienten und der Umwelt integrieren, und numerische Werte mit internationalen Standards harmonisieren.

3. Status des Verfahrens zur Verabschiedung

Nach der Stellungnahme der Artikel 31 Sachverständigengruppe vom 24. Februar 2010, verabschiedete die Kommission am 29. September 2011 einen Entwurf eines Vorschlags für Strahlenschutzgrundnormen zur Vorlage beim Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss. Dieser veröffentlichte am 22. Februar 2012 eine sehr positive Stellungnahme. Mit dieser positiven Stellungnahme konnte die Kommission am 30. Mai 2012 einen Vorschlag für eine *Richtlinie des Rates zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition ionisierender Strahlung* [14] zur Vorlage beim Europäischen Rat und beim Europäischen Parlament verabschieden.

Bereits im September 2011 begannen Diskussionen in der Arbeitsgruppe für Atomfragen des Europäischen Rates (WPAQ), die den vorgelegten Entwurf begrüßte und generell positiv bewertete. Durch ein sehr starkes Engagement der Irischen Ratspräsidentschaft, von Januar bis Juni 2013, konnte sich die Arbeitsgruppe für Atomfragen des Rates am 29. Mai 2013 auf einen Kompromisstext einigen. Diese Einigung wurde am 5. Juni 2013 vom Ausschuss der Ständigen Vertreter der Mitgliedstaaten im Europäischen Rat zur Kenntnis genommen. Für eine formale Verabschiedung des Richtlinienentwurfes im Europäischen Rat fehlt nun noch die Stellungnahme des Europäischen Parlaments, die im September 2013 erwartet wird. Wird dieser Zeitplan eingehalten, kann die Richtlinie voraussichtlich gegen Ende 2013 im Amtsblatt der Europäischen Union erscheinen.

4. Ausblick

Nach der Veröffentlichung der neuen Richtlinie im Amtsblatt der Europäischen Union, haben die Mitgliedstaaten der Europäischen Union vier Jahre Zeit, um die Richtlinie in nationale Gesetzgebung umzusetzen. Die Europäische Kommission erhält durch die in Artikel 33 des Euratom Vertrages [1] vorgesehene Prozedur, die Mitgliedstaaten dazu verpflichtet Entwürfe rechtlicher Umsetzungen von Europäischen Regelungen der Kommission zur Prüfung vorzulegen, die Möglichkeit die nationale Umsetzung in den Mitgliedstaaten zu überprüfen. Die Kommission erwägt, diesen Umsetzungsprozess durch geeignete Maßnahmen, z.B. durch die Organisation von Workshops, zu unterstützen.

Da die Richtlinie einige Neuerungen in technisch anspruchsvollen Bereichen enthält, wie z.B. Radon, NORM, die Rolle von Experten und Diensten, sowie das gestufte Vorgehen bei der behördlichen Kontrolle, könnte die Entwicklung von Leitfäden in diesen Bereichen deren fachliche Umsetzung unterstützen.

Die rasch wachsende Zahl von Regelungen unter dem *Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union* mit dem Ziel der Harmonisierung zur Unterstützung des Binnenmarktes, wie z.B. die Medizinprodukteregelung, erfordert eine juristische Klärung des Verhältnisses dieser Regelungen zu den Regelungen in den Euratom Strahlenschutzgrundnormen.

Obwohl die vorliegende Richtlinie eine sehr solide Grundlage für den Schutz des Patienten und des medizinischen Personals bietet, wird es in dem technologisch sehr schnell voranschreitenden medizinisch radiologischen Bereich auch in Zukunft weiterhin Bedarf an der Entwicklung von Leitlinien und Empfehlungen geben.

5. Résumé

Mit der Verabschiedung der neuen Euratom Strahlenschutzgrundnormen präsentiert sich ein konsolidierter und modernisierter gemeinschaftlicher Besitzstand ("aquis communautaire") im Strahlenschutz, d.h. ein gemeinsames Fundament aus Rechten und Pflichten. Die Europäische Strahlenschutzgesetzgebung basiert damit wieder auf den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen, deckt dabei alle Strahlenquellen, inklusive natürlicher Strahlungsquellen, ab, berücksichtig alle Expositionssituationen – geplant, existierend, und im Notfall, und integriert den Schutz der Arbeiter, der Bevölkerung, der Patienten und der Umwelt. Weiterhin bietet die Richtlinie einen Satz konsistenter und kohärenter Definitionen und Anforderungen. Schließlich wurde auch großer Wert darauf gelegt, numerische Werte mit internationalen Standards, insbesondere den internationalen Strahlenschutzgrundnormen, zu harmonisieren.

6. Literaturverzeichnis

[1] Europäische Union, Euratom Vertrag – Konsolidierte Fassung, Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union (2010)

[2] Richtlinie 96/29/Euratom des Rates vom 13. Mai 1996 zur Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlungen, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 159 vom 29.06.1996

[3] Richtlinie 97/43/Euratom des Rates vom 30. Juni 1997 über den Gesundheitsschutz von Personen gegen die Gefahren ionisierender Strahlung bei medizinischer Exposition, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 180 vom 09.07.1997

[4] Richtlinie 90/641/Euratom des Rates vom 4. Dezember 1990 über den Schutz externer Arbeitskräfte, die einer Gefährdung durch ionisierende Strahlungen beim Einsatz im Kontrollbereich ausgesetzt sind, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 349 vom 13.12.1990

[5] Richtlinie 89/618/Euratom des Rates vom 27. November 1989 über die Unterrichtung der Bevölkerung über die bei einer radiologischen Notstandssituation geltenden Verhaltensmaßregeln und zu ergreifenden Gesundheitsschutzmaßnahmen, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 357 vom 07.12.1989

[6] Richtlinie 2003/122/Euratom des Rates vom 22. Dezember 2003 zur Kontrolle hoch radioaktiver umschlossener Strahlenquellen und herrenloser Strahlenquellen, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 346/26 vom 31.12.2003

[7] Empfehlung 90/143/Euratom der Kommission vom 21. Februar 1990 zum Schutz der Bevölkerung vor Radonexposition innerhalb von Gebäuden, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 80/26 vom 27.03.90

[8] ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4).

[9] ICRP, 2003. A Framework for Assessing the Impact of Ionising Radiation on Non-human Species. ICRP Publication 91. Ann. ICRP 33 (3)

[10] ICRP, 2008. Environmental Protection - the Concept and Use of Reference Animals and Plants. ICRP Publication 108. Ann. ICRP 38 (4-6)

[11] ICRP, 2009. Environmental Protection: Transfer Parameters for Reference Animals and Plants. ICRP Publication 114, Ann. ICRP 39 (6)

[12] ICRP, Protection of the Environment under Different Exposure Situations, to be published as ICRP Publication 124 in 2013;

[13] International Atomic Energy Agency, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards - Interim Edition General Safety Requirements Part 3, IAEA Safety Standards Series GSR Part 3 (Interim), IAEA, Vienna (2012)

[14] Europäische Kommission, Vorschlag für eine *Richtlinie des Rates zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition ionisierender Strahlung*, COM(2012) 242 final, http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/2012_com_242.pdf

TRANSPOSITION OF THE EU BASIC SAFETY STANDARDS: THE CZECH REPUBLIC

K. Petrová, J. Davídková, Š. Kochánek

State Office for Nuclear Safety SÚJB

The proposal for a new Council Directive laying down basic safety standards for protection against the danger arising from exposure to ionizing radiation replacing a Council Directive 29/96 and recasting four other Directives – medical, outside workers, HASS (high activity sealed sources) and public information in emergency has been developed and it is prepared for adoption procedure. The Member States (MS) are requested to implement this Directive within 4 years after adoption of the final text.

The Czech Republic has participated in the development of this new Directive actively from the beginning of the process. There could be expected an impact to the Czech legislation in several areas. Main changes will be presented in the Atomic Law and in the Radiation Protection Regulation which are currently under preparation and should substitute actual national legislation in the field. Also ICRP 103 is already as far as possible reflected by the new Czech legislation.

A proposal of the Czech Atomic Law already includes a new ICRP terminology – e.g. planned, emergency, existing exposure situation, reference levels instead of intervention levels and it also reflects extension of optimization principle and more specifically a graded approach by introducing a registration as a specific level of authorization supplemented with a unique and simplified procedure.

Regarding the regulatory infrastructure there is no identified urgent need for changes as far as the current Czech system already complies with the requirements of the Directive proposal (the EU BSS). In fact, there is a new structure of the Czech regulatory authority proposed, introducing a Council with a president as a head instead of the current structure headed solely by a president.

The regulation of exposure from natural sources is already very well handled in the current Czech legislation –there exists a national radon program since 1992 and the legislation is also dealing with regulation of NORM workplaces, building materials and water radioactivity since 1997.

The Czech Republic has also a national dose register of occupational exposures for nearly 20 years which allows also issuing of a radiation passport since 2004.

The possible problems identified during the development of the draft of new EU BSS from the Czech perspective are:

The concept of the long-term health protection which was artificially introduced to the proposal with the aim to deal at least somehow with the protection of the environment from the ionizing radiation – the Czech Republic together with Germany and the Netherlands

pointed out the practical problems which the requirements related to the concept could cause within the transposition.

The process of justification of practices involving the consumer products which includes the sharing of information between the MS and the possible prohibition of a product by one MS which is justified in another MS. Unsolved problematic aspects in this area could lead to significant obstacles to the free movement of goods in the EU, one of the basic principles of European integration.

The scope and method of application of basic EU principles on the rules included in the EU BSS is unclear. Several most important basic EU principles, based on the EU basic treaties (EC treaties, including Euratom treaty, Maastricht, Lisbon, etc.) and judicial decisions of the EC court, such as principles of free movement of goods and services, are generally legally binding and widely applied on all areas of human activity except those explicitly excluded. The basic EU principles should affect also the activities regulated by the EU BSS – such as manufacturing and transboundary movement of the goods, performing of some licensed activities (usually also transboundary; e.g. import and export of high – activity sources, operation of the generators etc.) etc. EU BSS does not contain any provision explaining its relation to this most general European regulation and does not even include definitions of the terms „import“ or „export“. This fact brings questions concerning applicability of the basic European principles and raises potential problems for the transposition.

Similarly there was identified a possible problem related to the Medical Devices Directive (MDD) which sets the community framework for the safety and health protection of patients, users and, where appropriate, other persons, with regard to the use of medical devices. It should be transposed in order to guarantee the free movement of such devices within the internal market. Therefore the medical devices should, as a general rule, bear the CE mark to indicate their conformity with the provisions of MDD to enable them to move freely within the EU and to be put into service in accordance with their intended purpose. Possible clash between MDD and the EU BSS lies within the area of terminology and obstacles to the free movement of devices between the MS with different attitude to justification or authorizing of some practices.

The EU Council’s legal service was asked to elaborate a general statement solving these problems, which could be used by the MS within the process of transposition. However, finally the EU BSS proposal contains only several general paragraphs of the Preamble saying that the requirements of the EU BSS should be without prejudice to the other European legislation. This solution obviously lacks necessary certainty and effectiveness and could bring problems with interpretation and application of the regulation in real life. Especially following questions were not satisfactorily answered:

- Are the basic EU principles properly projected into the current EU BSS draft?
- Should be the general regulations enacting the basic EU principles respected within the process of the EU BSS transposition and to what extent?
- How to implement exemptions from common regime of the EU BSS (expressed in the Directive’s text as „if appropriate“, „where available“ etc.)?

- Does the fact that the regulations (and concerned general principles) have different legal basis (Treaty on establishing of European Union vs. Euratom treaty) play any role within the process of their implementation?

- How to solve potential clashes of the regulations in the real life?

As a conclusion there could be stated that the Czech Republic welcomes the European initiative in general and is prepared to fully comply with its all new or amended requirements. Even in advance to the final approval of the EU BSS the Czech Republic has done significant steps to its proper implementation. Although the Czech Republic shares a general impression of need of recodification of the European regulation on the protection from the ionizing radiation and considers the current draft of the EU BSS well prepared and broadly and in detail discussed, it still sees the above mentioned problems as a possible obstacles in its proper transposition and in introduction of the common and harmonized regulatory framework.

TRANSPOSITION OF THE BASIC SAFETY STANDARDS: POTENTIAL IMPACT ON FRENCH LAWS AND REGULATIONS

J.-L. Godet, M.-M. Perrin, N. Saâd, C. Bardelay

Autorité de Sûreté Nucléaire ASN

The new proposal for a Council Directive laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation is about to be adopted. Member States shall bring into force the laws, regulations and administrative provisions necessary to comply with this Directive within 4 years after adoption of the final text. As far as France is concerned, these evolutions will mainly impact the labour code (for occupational issues) and the public health code for both legal and regulatory requirements.

The most significant improvements of the current version of the project are the introduction of graded approach to regulatory control and the enhancement of requirements for protection against natural radiation sources (in particular exposure to radon and naturally occurring radioactive material). This project also aims at achieving a better harmonisation between Member States for topics such as the organization of radiation protection for workers, the justification of medical devices and non-medical imaging exposure situations.

ASN has already identified major issues for the transposition of the Directive concerning both French laws and regulations. Main topics should concern the impact of ICRP terminology (planned exposure situation, existing exposure situation *versus* lasting exposure situation, reference level *versus* maximum activity level for exposure to radon…) and the extension of both justification and optimisation principles to new activities involving natural radiation sources, such as industries processing naturally occurring radioactive material. Furthermore, France will have to decide whether it will adjust some positions about the prohibition of non-medical imaging exposures and the release of materials from regulatory control according to generic values. Indeed, the project mentions the possibility to introduce derogations to those major principles. Finally, and according to the graded approach, the project introduces a new step in the regulatory control (notification) : France will have to work on a possible adaptation of its national legislation.

In addition to those main changes, French laws will also probably need to be adjusted in order to comply with the introduction of the national action plan for the exposure to radon, the concept of longterm human health protection, the new recognition system for medical physics experts and the requirements about preparedness and response to emergency exposure situations.

As far as institutional infrastructures (competent authority, transparency…) and inspection system are concerned, French laws already seem to comply with the project.
Beyond the laws adjustments, regulations will also need to evolve in France. In particular, France will have to examine three main topics that have already been investigated for the last 5 years. First of all, the project introduces a new organization of radiation protection based on the RPE (radiation protection expert) and the RPO (radiation protection officer). France will have to adapt its regulations based on the "*personne compétente en radioprotection (PCR)*",

following on from the reform that has been launched in 2009 in order to take into account the graded approach in the national recognition system. The second topic concerns the data system for individual radiological monitoring. France will have to check whether its national system, based on the national dose register called SISERI, fully complies with the new European requirements. In particular, the system could be completed in order to allow the issuance of an individual radiological monitoring document for every outside worker, in connection with activities of HERCA (Heads of the European Radiological Competent Authorities). Main issues for France are related to confidentiality of individual data. Finally, as the whole radiation protection system should be discussed in order to take into account the graded approach at every necessary step, France should revise its national requirements about regulated areas.

In addition to those occupational topics, other adjustments will probably be necessary to decline, in French regulations, all the new principles introduced into national laws. In particular, as part of the current national reform related to radon screening in housing, reference levels for exposure to radon will have to be reduced. Finally, as far as construction materials are concerned, France will have to take into account the new procedure introduced by the project.

NORM UND RADON IN ÖSTERREICH – STATUS UND STRATEGIE

F. J. Maringer

Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien, Österreich

In diesem Übersichtsvortrag wird die derzeitige strahlenschutzrechtliche Praxis in Österreich für NORM und Radon sowie mögliche Strategien und Weiterentwicklungen zusammenfassend dargestellt. Dabei werden insbesondere die strahlenschutztechnischen, die metrologischen und messtechnischen Ressourcen für NORM in Österreich und die bautechnischen Standards (ÖNORMen) für Radon-Messung, Radon-Vorsorge bei Neubauten und Radon-Sanierung bei bestehenden Bauten behandelt. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die strategische Ausrichtung des Strahlenschutzes zur Umsetzung der zukünftigen EU BSS in Österreich für NORM und Radon (Natürliche Strahlenquellen-Verordnung) sowie auf die zukünftig mögliche Erfassung und rechtliche Regulierung der Radioaktivität in Baumaterialien / Bauprodukten gelegt. Die strategische Entwicklung in Österreich berücksichtigt sowohl laufende europäische Normungsvorhaben (EN-Normen) als auch europäische und internationale Forschungs- und Entwicklungsprogramme (EMRP – Europäisches Metrologieforschungsprogramm; ICRM – Int. Committee for Radionuclide Metrology), die hier ebenfalls diskutiert werden.

Dieser Übersichtsvortrag stellt eine Diskussionsgrundlage für zukünftige Kooperationen zwischen Deutschland, Österreich und der Schweiz (D-A-CH) für harmonisierte Strategien zur Umsetzung der novellierten EU BSS im Bereich NORM und Radon dar.

UMSETZUNG DER EURATOM-BSS IN DER SCHWEIZ

S. Ryf, S. Estier, P. Grimm, R. Linder, B. Ott, M. Palacios, N. Stritt, W. Zeller

Bundesamt für Gesundheit, Abt. Strahlenschutz, Bern, Schweiz

Zusammenfassung
Die internationalen Empfehlungen, welche der geltenden Strahlenschutzgesetzgebung in der Schweiz zugrunde liegen, sind veraltet und wurden 2007 ersetzt. Die neuen Empfehlungen sollen in nationales Recht umgesetzt werden, so auch in der Schweiz, denn die Strahlenschutzgesetzgebung in der Schweiz muss sich nach dem aktuellen Stand der Wissenschaft richten.
In einem Revisionsprojekt werden seit 2011 elf Verordnungen im Strahlenschutz überarbeitet und an internationale Empfehlungen angepasst. Die Konsultationen dazu sollen 2014 durchgeführt werden.

Summary
The international recommendations the Swiss legislation on radiation protection in force is based on are outdated and have been replaced in 2007. The new recommendations should be transposed into national law, also in Switzerland, since legislation on radiation protection in Switzerland is supposed to base on current scientific evidence.
Since 2011 eleven ordinances are being revised and adapted to international recommendations in a revision project. The consultations should be conducted in 2014.

Schlüsselwörter *Gesetzgebung, Strahlenschutz, Schweiz-EU*
Keywords *legislation, radiation protection, Switzerland-EU*

1. Einleitung

Die Schweizer Strahlenschutzgesetzgebung basiert auf den Empfehlungen der ICRP von 1990 (ICRP 60). Im Jahr 2007 erschien eine neue Version der Empfehlungen, die ICRP 103 [1], welche diejenige von 1990 ersetzt.
Da die Schweizer Strahlenschutzgesetzgebung auf dem neuesten Stand der Wissenschaft basieren soll, muss diese an die ICRP 103 angepasst werden.
Basierend auf den Empfehlungen ICRP 103 hat die International Atomic Energy Agency (IAEA) zusammen mit anderen Cosponsors Basic Safety Standards (IAEA BSS) [2] publiziert, welche als Vorlage für nationale Gesetzgebung dienen sollen. Die Schweiz ist Mitglied der IAEA, es besteht für die IAEA-Mitglieder jedoch keine Verpflichtung, die BSS zu übernehmen.
Auch basierend auf den ICRP-Empfehlungen und in enger Zusammenarbeit mit der IAEA erarbeitet die Europäische Atomgemeinschaft (Euratom) eine Richtlinie (Euratom BSS) [3], welche von ihren Mitgliedstaaten (den EU-Mitgliedstaaten) in nationales Recht umgesetzt werden muss.
Bei der Umsetzung der Empfehlungen der ICRP (ICRP 103) möchte sich die Schweiz wenn möglich am Umsetzungsvorschlag der EU orientieren.
Die Revisionsarbeiten sind noch im Gange, es haben noch keine Konsultationen stattgefunden. Es können hier deshalb noch keine Details vorgestellt werden und es sind auch noch Änderungen möglich.

2. Das Revisionsprojekt

2.1 Umfang der Revision

Das Strahlenschutzgesetz ist klar aufgebaut und beschreibt die grundsätzliche Philosophie des Strahlenschutzes, an der sich nichts geändert hat. Das Gesetz wird deshalb nicht revidiert.
Die Strahlenschutzverordnung ist übersichtlich und ihre Einfachheit wird sehr geschätzt. Sie hat jedoch Lücken und entspricht nicht mehr den internationalen Empfehlungen. Sie wird deshalb total revidiert.
Einige Ausführungsverordnungen sind veraltet und müssen neu ausgearbeitet werden. Andere entsprechen noch den heutigen Anforderungen und müssen nur überprüft werden.

Das Revisionspaket umfasst folgende Verordnungen:

- Strahlenschutzverordnung
- Jodtabletten-Verordnung
- Verordnung über die Gebühren im Strahlenschutz
- Dosimetrieverordnung
- Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung
- Strahlenschutz-Anlageverordnung
- Medizinische Strahlenquellen-Verordnung
- Beschleunigerverordnung
- Röntgenverordnung
- Verordnung über den Umgang mit offenen radioaktiven Strahlenquellen
- Verordnung über die ablieferungspflichtigen radioaktiven Abfälle

2.2 Projektorganisation

Die Verordnungen werden unter der Federführung des Bundesamtes für Gesundheit (BAG) revidiert. Neben dem BAG gehören dem Projektteam auch die beiden anderen Aufsichtsbehörden im Strahlenschutz, Suva und ENSI, das VBS, sowie ausgewiesene Fachexpertinnen und -experten aus Forschungsinstituten im Bereich Strahlenschutz, IRA, Cern und PSI, an. Es wird in sechs Teilprojekten an den Verordnungen gearbeitet:

2.3 Zeitplan

Obwohl die Euratom BSS noch nicht vom Rat verabschiedet sind, haben die Revisionsarbeiten in der Schweiz schon begonnen. Seit zwei Jahren wird an den Entwürfen der elf Verordnungen gearbeitet. Diese sollen 2013 fertig gestellt werden, damit 2014 die Konsultationen stattfinden können. Das Inkrafttreten ist für 2015 vorgesehen, ausser für die Jodtabletten-Verordnung, welche schon 2014 in Kraft treten soll.

3. Differenzen zwischen der geltenden Strahlenschutzgesetzgebung und den Euratom BSS und mögliche Neuerungen

3.1 Einteilung nach Expositionssituationen und -kategorien

Die ICRP 103 führt eine Einteilung in verschiedene Expositionssituationen und -kategorien ein. Je nach Expositionssituation und -kategorie sollen Dosisgrenzwerte, Dosisrichtwerte oder Referenzwerte zur Anwendung kommen.
Die Schweizer Strahlenschutzgesetzgebung soll sich an dieser Einteilung in Expositions-situationen und - kategorien orientieren.

Tab. 1: Expositionssituationen und -kategorien gemäss ICRP 103

Expositions-Kategorie / Expositions-Situation	Beruf	Bevölkerung	Medizin
Geplant	Dosisgrenzwert	Dosisgrenzwert	DRW (Patienten) Dosisrichtwert
Notfall	Referenzwert	Referenzwert	----------
Bestehend	----------	Referenzwert	----------

3.2 Freigrenzen

Die IAEA BSS führen Freigrenzen für ca. 300 Radionuklide ein. Diese werden durch die Euratom BSS übernommen. Die Freigrenzen in der aktuellen Strahlenschutzverordnung unterscheiden sich davon, sie wurden mit anderen Szenarien berechnet. Zudem sind darin 800 Radionuklide aufgeführt. Die Schweiz möchte ihre Freigrenzen an diejenigen der EU anpassen. Die vorhandenen Werte werden aus den IAEA BSS übernommen und für die fehlenden 500 Radionuklide wurde die Berechnung der Freigrenze mit denselben Szenarien wie für die IAEA BSS durchgeführt [4].

3.3 Nach Risiko abgestufte Vorgehensweise

Bei der Einführung der aktuellen Strahlenschutzgesetzgebung gab es in der Schweiz im Bereich der ionisierenden Strahlung ein flächendeckendes Aufsichtssystem. Dies ist nicht mehr sinnvoll und wird auch nicht mehr so gehandhabt.
Das Prinzip der nach Risiko abgestuften Vorgehensweise, welches in den Euratom BSS und den IAEA BSS eingeführt wird, soll deshalb auch in der revidierten Strahlenschutzgesetzgebung verankert werden.

3.4 Schutz der Umwelt, Schutz der Bevölkerung

Die internationalen Richtlinien fordern Massnahmen zum Schutz der Umwelt vor ionisierender Strahlung unabhängig vom Schutz des Menschen. Konkrete Umsetzungs-vorschläge fehlen, weshalb auch unklar ist, wie dies in der Schweiz umgesetzt werden könnte.
Da jedoch in der Lebensmittelgesetzgebung im Zuge der Harmonisierung mit der EU die Toleranzwerte für Radionuklide in Lebensmitteln wegfallen, sollen neu in der Strahlenschutzverordnung Immissionsgrenzwerte zum Schutz der Bevölkerung eingeführt werden.

3.5 Berufliche Exposition

Die aktuelle Strahlenschutzgesetzgebung weist im Bereich der beruflichen Expositionen einige Differenzen mit der Euratom BSS auf. Diese müssen überprüft werden und es sollen Anpassung vorgenommen werden. Die wichtigsten Punkte sind die Einführung von A- und B-workern und die berufliche Strahlenexposition aufgrund von natürlicher ionisierender Strahlung (Flugpersonal, NORM-Industrie, Radonbelastete Arbeitsplätze).

3.6 Quellen und Anlagen

Im Bereich von Quellen und Anlagen weist die aktuelle Strahlenschutzgesetzgebung im Vergleich zur Euratom BSS einige Lücken auf, welche geschlossen werden sollen. Es fehlen noch Regelungen zu herrenlosen Strahlenquellen, die Regelungen zu hochradioaktiven geschlossenen Quellen sind ungenügend und das Konzept der Kontroll- und Überwachungsbereiche ist auch neu.

3.7 Medizin

Zur Reduktion der Strahlendosen in der Medizin ist es im Ausland üblich, klinische Audits in der medizinischen Radiologie durchzuführen. In der Schweiz fehlen zur Zeit die gesetzlichen Grundlagen dazu.
In den Euratom BSS wird gefordert, dass zum Schutz von nicht-beruflich pflegenden Personen Dosisrichtwerte eingeführt werden und dass nicht-medizinische gewollte Expositionen geregelt werden. Dies muss auch in der Schweiz geprüft werden.

3.8 Ausbildung

Die Ausbildung im Strahlenschutz ist veraltet und wird den heutigen Anforderungen nicht gerecht. Einerseits haben sich die Rahmenbedingungen in der Schweiz durch neue Gesetze geändert, andererseits wäre eine Harmonisierung der Strahlenschutzausbildung mit derjenigen in der EU wünschenswert.

3.9 Radon

Aufgrund von internationalen epidemiologischen Studien hat die ICRP den nationalen Gesetzgebern empfohlen, den Referenzwert für Radon in Wohnungen zu senken. Die Euratom BSS empfehlen einen Radonreferenzwert von 300 Bq/m^3. In der Schweiz gilt heute ein Grenzwert von 1000 Bq/m^3. Dies muss im Rahmen der Revision angepasst werden.

4. Literaturverzeichnis

[1] ICRP: Die Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) von 2007, ICRP-Veröffentlichung 103, Deutsche Ausgabe. Salzgitter, 2009

[2] IEAE: Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, Interim Edition. Wien, 2011

[3] Europäische Kommission: Vorschlag für eine Richtlinie des Rates zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung. Brüssel, 2012

[4] Brenk Systemplanung: Berechnung von Freigrenzen und Freigabewerten für Nuklide, für die keine Werte in den IAEA-BSS vorliegen, Endbericht. Aachen, 2012

HERAUSFORDERUNGEN BEI DER UMSETZUNG DER EURATOM-GRUNDNORMEN IN DEUTSCHLAND

G.-S. Akbarian, J. Vogel

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn, Deutschland

Zusammenfassung
Die Umsetzung der neuen Richtlinie des Rates zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung in nationales Recht wird zu einer umfassenden Überarbeitung der Strahlenschutz- und der Röntgenverordnung sowie des Strahlenschutzvorsorgegesetzes führen. Dies ist unter anderem bedingt durch: die Behandlung von „NORM"-Tätigkeiten als geplante Expositionssituationen; die Einführung von Dosisrichtwerten bei beruflicher und – zum Teil – medizinischer Exposition sowie bei der Exposition der Bevölkerung; Neuregelungen zum Schutz vor Radon in Innenräumen und an Arbeitsplätzen; Neuregelungen zum Schutz vor ionisierender Strahlung in Baumaterialien; sehr detaillierte Vorgaben zum Notfallschutz.
Vor allem in diesen Bereichen, für die auch auf internationaler Ebene Handlungsbedarf gesehen wurde, wird der Strahlenschutz in Deutschland weiter gestärkt werden.

Summary
The transposition of the new Council Directive laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation will entail a comprehensive revision of the German Radiation Protection Ordinance, the X-Ray Ordinance and the Precautionary Radiation Protection Act. This is, inter alia, due to the treatment of practices involving naturally-occurring radioactive material as planned exposure situations; the requirement to establish dose constraints for occupational, public and – partly – medical exposure; the new provisions against indoor exposure to radon in dwellings and at workplaces; new provisions on building materials emitting ionizing radiation and the very detailed provisions on emergency.
Particularly those areas for which also at international level a need to address radiation protection has been identified will benefit from the new legislation.

1. Novellierung der Euratom-Grundnormen zum Strahlenschutz

Ende Mai des Jahres 2013 haben sich die Mitgliedstaaten der Europäischen Union, gestützt auf den Euratom-Vertrag, insbesondere auf die Artikel 31, 32, auf den *Vorschlag für eine Richtlinie des Rates zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung* geeinigt, mit dem sowohl der Schutz der Arbeitskräfte und der Bevölkerung vor ionisierender Strahlung, als auch der medizinische Strahlenschutz verbessert werden. Der Richtlinienvorschlag berücksichtigt den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisstand und bezweckt einen umfassenden Strahlenschutz.

Zu den wesentlichen Neuerungen des Richtlinienvorschlags zählen:

- die Kategorisierung von Expositionssituationen in „geplant“, „bestehend“ und „Notfall“ bei Aufgabe der bisherigen Unterscheidung zwischen „Tätigkeiten“, „Arbeiten“ und „Interventionen“;
- die umfassendere Berücksichtigung von Expositionsquellen im Hinblick auf den Bevölkerungsgrenzwert von einem Millisievert im Kalenderjahr;
- die Betonung des Optimierungsgrundsatzes durch die Einführung von *dose constraints;*
- die grundsätzlich strahlenschutzrechtliche Gleichstellung industrieller Tätigkeiten mit natürlich vorkommenden radioaktiven Materialien („NORM“, bisher „Arbeiten“) mit Tätigkeiten, bei denen die Radioaktivität zielgerichtet genutzt wird (bisher „Tätigkeiten“);
- die grundsätzliche Gleichsetzung von Freigabewerten und Freigrenzen;
- Schutzregelungen zu Radon in Innenräumen und an Arbeitsplätzen;
- Regelungen zu natürlicher Radioaktivität in Baumaterialien;
- die Berücksichtigung des Schutzes nicht-menschlicher Arten bei der Erteilung von Ableitungsgenehmigungen;
- detaillierte Regelungen zum Notfallschutz.

2. Herausforderungen bei der Novellierung des deutschen Strahlenschutzrechts

Die Umsetzung der Richtlinie in nationales Recht wird zu einer umfassenden Überarbeitung der Strahlenschutz- und der Röntgenverordnung sowie des Strahlenschutzvorsorgegesetzes führen. Auch werden Überlegungen für die fachliche Umsetzbarkeit der neuen Vorgaben angestellt werden müssen. Einige Beispiele:

2.1 Einführung von Expositionssituationen

Eine Neustrukturierung des Strahlenschutzrechts wird wegen der Aufhebung der bisherigen Unterscheidung in „Tätigkeiten“, „Arbeiten“ und „Interventionen“, die in Teil 2 und Teil 3 der Strahlenschutzverordnung und im Strahlenschutzvorsorgegesetz umgesetzt worden ist, und der Einführung von Expositionssituationen erforderlich werden. Die Expositionssituationen werden wie folgt unterschieden:

- Geplante Expositionssituationen (zu denen alle bisherigen Tätigkeiten und Arbeiten zählen);

- Bestehende Expositionssituationen (zu denen zum Beispiel die Exposition durch Radon in der Innenraumluft zählt);

- Notfallexpositionssituationen (zum Beispiel aufgrund eines Unfalls).

Die Einteilung der Expositionskategorien „berufliche Strahlenexposition“, „medizinische Strahlenexposition“ und „Strahlenexposition der Bevölkerung“ bleibt bestehen.

2.2 „NORM“-Tätigkeiten; Geltung des Rechtfertigungsgrundsatzes

„NORM“-Tätigkeiten, die als Arbeiten bisher von Teil 3 der Strahlenschutzverordnung erfasst worden sind, werden künftig als geplante Expositionssituationen behandelt. Sie werden als Tätigkeit der behördlichen Überwachung unterliegen, und auch die Regeln des beruflichen Strahlenschutzes werden grundsätzlich anwendbar sein. Allerdings wird der Umfang der behördlichen Vorabkontrolle nach dem mit der Tätigkeit verbundenen Expositionsgrad abgestuft werden.

Für den „NORM“-Bereich wird zu überlegen sein, welche Industriezweige als für den Strahlenschutz relevante Tätigkeiten in Deutschland zu berücksichtigen sein werden (der Richtlinienvorschlag enthält eine Vorschlagsliste).

Die Ausweitung des Begriffs der „Tätigkeiten“ auch auf „NORM“-Tätigkeiten bedeutet im Übrigen auch, dass der Rechtfertigungsgrundsatz künftig auf Tätigkeitsarten im Bereich der „NORM“-Industrie Anwendung finden wird.

2.3 Grundsätzliche Gleichsetzung von Freigabewerten und Freigrenzen

Die Euratom-Grundnormen schreiben den Mitgliedstaaten einheitliche Freigrenzen und Werte für die uneingeschränkte Freigabe von radioaktiven Stoffen vor. Damit ist erstmals die Grundlage für einheitliche Kriterien für den Eintritt radioaktiver Stoffe in die staatliche Kontrolle und für deren Entlassung geschaffen worden. Die Möglichkeit gesonderte Werte für die zielgerichtete Freigabe zu erlassen bleibt dabei weiterhin bestehen. Diese neuen Anforderungen an die Freigabe gelten nun ins deutsche Strahlenschutzrecht zu überführen.

2.4 Bevölkerungsgrenzwert – Berücksichtigung weiterer Expositionsquellen

Eine weitere fachliche Herausforderung ist die Pflicht, bei der Einhaltung des Bevölkerungsgrenzwerts von einem Millisievert im Kalenderjahr auch Expositionen aus Tätigkeiten mit natürlich vorkommenden radioaktiven Materialien sowie Expositionen aus nichtmedizinischer Bildgebung mit ionisierender Strahlung zu berücksichtigen (letztere zählen künftig zur Expositionskategorie „Strahlenexposition der Bevölkerung“).

2.5 Einführung von dose constraints

Auch die Einführung von „dose constraints“ als Optimierungsinstrument bei der beruflichen Exposition, der Exposition der Bevölkerung und bei medizinischen Expositionen, soweit es um Betreuungs- und Begleitpersonen und um Probanden in der medizinischen Forschung geht, erfordert eingehende Vorüberlegungen.

2.6 Radon in Innenräumen

Im deutschen Strahlenschutzrecht wird es künftig Regelungen geben, die vor Gesundheitsschäden durch das natürlich vorkommende radioaktive Edelgas Radon in Innenräumen schützen sollen. Grundlage wird der neu zu erstellende nationale Aktionsplan zur Ermittlung und zum Management der Radonsituation in Deutschland unter Berücksichtigung aller Radonquellen (Boden, Baustoffe und Wasser) sein. Das Strahlenschutzrecht wird Referenzwerte von maximal 300 Becquerel pro Kubikmeter (Aktivitätskonzentration in der Luft im jährlichen

Durchschnitt) für Radonwerte in Wohngebäuden (Bestandsbau und Neubauten) und öffentlichen Gebäuden vorsehen.

2.7 Radon an Arbeitsplätzen

Die bestehenden Regelungen zu Radon am Arbeitsplatz werden erweitert werden. Grundlage sind auch hier der Radonaktionsplan sowie die Festlegung eines Referenzwertes von maximal 300 Becquerel pro Kubikmeter (Aktivitätskonzentration in der Luft im jährlichen Durchschnitt). Neben der Verpflichtung zur Messung der Radonkonzentration an bestimmten Arbeitsplätzen, etwa in Gebieten mit hoher Radonexposition, wird es die Verpflichtung geben, Maßnahmen zur Verringerung der Radonexposition bei den Arbeitsplätzen zu ergreifen, bei denen der Referenzwert überschritten wird. Bleiben diese Maßnahmen erfolglos, ist dies der zuständigen Behörde mitzuteilen. Ist es wahrscheinlich, dass die von den Arbeitskräften aufgenommene effektive Dosis höher ist als sechs Millisievert pro Jahr oder als ein entsprechender zeit-integrierter Radonexpositionswert, finden zudem die Regeln zum beruflichen Strahlenschutz in dem Umfang Anwendung, den der nationale Gesetzgeber festgelegt hat. Bei Unterschreitung des Werts ist die Exposition zu überwachen.

Bei der Umsetzung der Vorgaben in das deutsche Strahlenschutzrecht wird vor allem eine Rolle spielen, welche Arten von Arbeitsplätzen hiervon betroffen und welche Regeln des beruflichen Strahlenschutzes bei Vorliegen der o.a. Voraussetzungen anwendbar sein werden.

2.8 Baumaterialien

Das deutsche Strahlenschutzrecht wird des Weiteren erstmals Regelungen und ein Verfahren zur Identifizierung und Evaluierung radiologisch relevanter Baustoffe vorsehen. Die Verfahrensvorgaben sind flexibel formuliert, so dass bei der Umsetzung in nationales Recht grundsätzlich Gestaltungsfreiheit dahingehend besteht, die Praktikabilität der gewählten Umsetzungsstrategie zu berücksichtigen.

2.9 Schutz nicht-menschlicher Arten

Bei der Erteilung von Abteilungsgenehmigungen werden die zuständigen Behörden gegebenenfalls in national festzulegenden Fällen die Ergebnisse einer allgemeinen Untersuchung (*generic screening assessment*) berücksichtigen, die auf international anerkannten wissenschaftlichen Grundlagen beruht. Mit einem *generic screening assessment* soll aufgezeigt werden, dass Umweltkriterien für den Langzeitgesundheitsschutz beachtet werden.

Der ursprüngliche Kommissionsvorschlag enthielt ein eigenes Kapitel mit umfangreicheren Regelungen zum Schutz der Umwelt vor ionisierender Strahlung. Nachdem der Juristische Dienst des Rates jedoch klargestellt hatte, dass Regelungen zum Schutz der Umwelt, einschließlich der nicht menschlichen Arten, grundsätzlich nicht auf dem Euratom-Vertrag gestützt werden könnten, sondern nur in dem Maße, wie dies für den Schutz der Bevölkerung erforderlich sei, einigten sich die Mitgliedstaaten und die Kommission bei den Ratsverhandlungen auf die oben beschriebene Regelung.

Diese Regelung gewährt dem nationalen Gesetzgeber grundsätzlich weitreichende Flexibilität für die Umsetzung; es bedarf aber der Klärung, in welchen Fällen es sinnvoll ist, eine *generic screening assessment* durchzuführen und wie ein solches *screening* durchgeführt werden kann.

2.10 Notfallschutz

Im Vergleich zu den bisherigen europäischen Vorgaben sind die Regelungen zum Notfallschutz sehr detailliert. Die Mitgliedstaaten werden zum Beispiel verpflichtet, ein Notfallmanagementsystem einzurichten, in dem u.a. die Zuständigkeiten von Personen und Organisationen klar festgelegt werden, die an der Notfallvorsorge und -bekämpfung beteiligt sein werden. Des Weiteren sollen Notfallpläne erstellt werden. Viele der in der Richtlinie aufgestellten Vorgaben sind in Deutschland bereits in untergesetzlichen Regelwerken enthalten. Diese werden künftig nicht mehr ausreichend sein, da die Umsetzung der Richtlinie in national verbindliches Recht, d.h. in Deutschland auf der Ebene eines Gesetzes oder einer Rechtsverordnung erfolgen muss. Es werden deshalb voraussichtlich nicht nur Änderungen der Strahlenschutzverordnung und des Strahlenschutzvorsorgegesetzes, sondern auch der Katastrophenschutzgesetze der Länder erforderlich werden.

3. Schlussbemerkung

Die Frist zur Umsetzung der Richtlinie in nationales Recht soll vier Jahre betragen. Tritt die Richtlinie, wie anvisiert, noch in diesem Herbst in Kraft, wird das deutsche Strahlenschutzrecht bis Herbst 2017 angepasst werden müssen.

Der Strahlenschutz in Deutschland wird durch die Umsetzung der Richtlinie vor allem in bisher nicht geregelten Bereichen gestärkt werden, zum Beispiel durch die Regelungen zum Schutz vor erhöhter natürlicher Radioaktivität.

Der Richtlinienvorschlag enthält notwendige konkrete Anforderungen in bestimmten Bereichen, gewährt aber in weiten Teilen ausreichend Flexibilität bei der Umsetzung der Vorgaben. Diese Flexibilität ist notwendig, um jeweiligen nationalen Besonderheiten in angemessener Weise Rechnung zu tragen.

Themenblock
Freigabe, Freigrenzen

FREIGRENZEN UND FREIGABEWERTE IN DEN NEUEN STRAHLENSCHUTZ-GRUNDNORMEN DER EU

S. Thierfeldt

Brenk Systemplanung GmbH, Aachen, Deutschland

Zusammenfassung
Die aktuelle Entwurfsfassung der Basic Safety Standards (BSS) der EU vom 24. Mai 2013 führt neue, gemeinsame Werte für Freigrenzen und Freigabewerte ein (aus dem IAEA Safety Guide RS-G-1.7). Die Werte der massenbezogenen Aktivität für die uneingeschränkte Freigabe sowie die allgemeinen Freigrenzen sind dann identisch (daneben wird es zwar auch die bisherigen Sätze von Freigrenzen geben, diese gelten aber nur für „moderate amounts"). Das bisherige Prinzip, dass Freigabewerte in jedem Fall Freigrenzen nicht überschreiten sollen, damit kein freigegebener Stoff als radioaktiv gelten müsste, muss daher nun durchbrochen werden. Fielen die zweckgerichteten Freigabeoptionen aus § 29 Abs. 2 Nr. 2 StrlSchV weg, wären drastische Steigerungen beim Aufkommen radioaktiver Abfälle und bei den Entsorgungskosten die Folge, wie an anderer Stelle bereits gezeigt wurde. Den Weg weist hier die Formulierung der neuen BSS der IAEA, die das primäre Entscheidungskriterium über Freigabe oder Freistellung nicht an Aktivitätswerte (abgeleitete Grenzwerte) binden, sondern an das Kriterium der Trivialdosis (originärer Grenz- oder Richtwert). In diesem Verständnis lösen sich alle scheinbaren Konflikte zwischen Freigabewerten und Freigrenzen vollständig auf.

Summary
The current draft version of the Basic Safety Standards (BSS) of the European Union of 24 May 2013 introduces new and joint values for exemption and clearance (from IAEA Safety Guide RS-G-1.7). The mass related activity values will then be numerically identical for general exemption and for unconditional clearance (the existing sets of exemption values will be kept, but only for "moderate amounts"). The hitherto existing principle that clearance levels must not exceed exemption values (so that no cleared material would need to be regarded as radioactive) therefore now needs to be discarded. If options of clearance for a specific purpose as laid down in Sect. 29 para. 2 no. 2 Radiation Protection Ordinance disappeared, a tremendous increase of the amount of radioactive waste and of costs for radwaste disposal would result, as was discussed elsewhere. The guiding light from this dilemma comes from the way in which the principles for clearance and exemption are treated in the new IAEA BSS. The primary criterion for clearance and exemption is not formed by sets of activity values, which are only derived limits, but by the criterion of trivial dose, which is the original limit. On this basis, all seeming conflicts between clearance levels and exemption values dissolve.

Schlüsselwörter *Freigabe, Freigrenzen, neue Strahlenschutz-Grundnormen*
Keywords *clearance, exemption, new Basic Safety Standards*

1. Einleitung

Die aktuelle Entwurfsfassung der Basic Safety Standards (BSS) der EU („*Proposal for a Council Directive laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation*" vom 24. Mai 2013) [1] führt neue, gemeinsame Wer-

te für Freigrenzen und Freigabewerte ein. Diese sind aus dem Safety Guide RS-G-1.7 der IAEA [2] entnommen, der sich in den letzten Jahren als Quasi-Standard für international akzeptierte Werte für die uneingeschränkte Freigabe durchgesetzt hat. Diese Werte gelten für große Massen von festen Stoffen (unbeschränkt, z. B. einige 100.000 Mg/a) und haben als Freigrenzen Vorrang vor den weiterhin bestehenden Freigrenzen für kleine Massen (im Bereich einiger Mg), die in Anl. III Tab. 1 Sp. 2 und 3 StrlSchV in Deutschland umgesetzt sind.

Bisher galt bei internationalen Empfehlungen sowie nationalen Regelwerken zur Freigabe die Konvention, dass einzelne Freigabewerte den Wert der Freigrenze des betreffenden Nuklids nicht überschreiten sollten, da ansonsten prinzipiell die paradoxe Situation entstehen könnte, dass freigegebenes Material aufgrund der Überschreitung der Freigrenzen wieder als radioaktiver Stoff behandelt werden müsste.

2. Freigrenzen und Freigabewerte in den neuen EU-BSS

Die neuen EU-BSS [1] enthalten einen Satz von Freigrenzen und Freigabewerten für beliebig große Mengen sowie einen Satz von Freigrenzen für begrenzte Mengen:

- in Anhang VI Tabelle A Teil 1 die Werte aus RS-G-1.7 als Freigrenzen und Freigabewerten für in der Gesamtmenge nicht limitierte Mengen von Stoffen („*which can be applied by default to any amount and to any type of solid material*“ [1]), ausgedrückt als nuklidspezifische Werte der massenbezogenen Aktivität,
- in Anhang VI Tabelle B die Freigrenzen für „*moderate amounts of any type of material*“ gemäß RP 65 [3], die auch in den aktuellen BSS [4] als Freigrenzen Anwendung finden, ausgedrückt als nuklidspezifische Werte der Gesamtaktivität und der massenbezogenen Aktivität.

Die beiden massenbezogenen Wertesätze unterscheiden sich für die überwiegende Zahl der Radionuklide um mehrere Größenordnungen (Beispiel Co-60: 0,1 Bq/g gem. Tabelle A Teil 1, 10 Bq/g gem. Tabelle B). Der Grund für die große Spannweite liegt in den radiologischen Modellen und Szenarien, die sich für die Werte aus RS-G-1.7 [2] auf große Mengen und auch lange Expositionszeiten beziehen, für RP 65 [3] jedoch auf vergleichsweise kleine Mengen und eher kürzere Expositionszeiten. Beide Wertesätze wurden jedoch übereinstimmend auf der Basis eines Individualdosiskriteriums von 10 µSv/a hergeleitet. Für die mittlerweile schon vor etwa 2 Jahrzehnten hergeleiteten Werte der RP 65 wurde übrigens kürzlich mit positivem Ergebnis untersucht, ob die Szenarien auch heute noch angesichts vielfältiger neuer Entsorgungs- und vor allem Rezyklierungswege als abdeckend gelten können [5].

3. Die Anforderungen der neuen EU-BSS an die Freigabe

In der Präambel der aktuellen Entwurfsfassung der EU-BSS [1] wird auf die Rolle und die Werte der Freigabewerte und Freigrenzen in den neuen Strahlenschutz-Grundnormen eingegangen, und es wird ausgeführt, dass oberhalb dieser Werte Raum für durch die Mitgliedsstaaten selbst festgelegte Regelungen mit eigenständigen Freigabewerten („*specific exemption*“) besteht (Hervorhebung vom Autor):

> *“(21) There is benefit in having the same activity concentration values both for the exemption of practices from regulatory control and for the clearance of materials from authorised practices. After a comprehensive review, it has been concluded that the values recommended in IAEA document RS-G-1.7 [2] can be used both as default exemption values, replacing the activity concentration values laid down in Annex I to*

Directive 96/29/Euratom [4], and as general clearance levels, replacing the values recommended by the Commission in Radiation Protection No 122 [8].
(22) Member States could grant specific exemption from authorisation for certain practices involving activities above the exemption values.
(23) Specific clearance levels, as well as corresponding Community guidance, remain important tools for the management of large volumes of materials arising from the dismantling of authorised facilities."

Die detaillierte Ausgestaltung findet sich im Artikel 29 wie folgt (Hervorhebung vom Autor):

"Article 29 Release from regulatory control
1. Member States shall ensure that the disposal, recycling or reuse of radioactive materials arising from any authorised practice is subject to authorisation.
2. Materials for disposal, recycling or reuse may be released from regulatory control provided that the activity concentrations:
(a) for solid material do not exceed the clearance levels set out in Table A of Annex VI; or
(b) comply with specific clearance levels and associated requirements for specific materials or for materials originating from specific types of practices; these specific clearance levels shall be established in national legislation or by the national competent authority, following the general exemption and clearance criteria set out in Annex VI, and taking into account technical guidance provided by the Community."

Spezielle Freigabewerte auch oberhalb der zukünftigen allgemeinen Freigrenzen gem. RS-G-1.7 [2] sind also nicht nur zugelassen, sondern werden auch als „wichtiges Werkzeug für die Handhabung größerer Mengen zu entsorgender Stoffe" bezeichnet. Dies wurde auch bereits vor Jahren, beispielsweise in [11], seitens der Europäischen Kommission betont. Die Ausgestaltung der Regelungen für diese speziellen Freigabewerte ist Sache der EU-Mitgliedsstaaten. Sie muss den allgemeinen Anforderungen der Freistellung, insbesondere der Verknüpfung mit dem trivialen Dosisbereich (10 µSv-Konzept) genügen.

4. Das deutsche System der Freigabeoptionen

Auf das deutsche System der Freigabeoptionen soll hier nur insofern eingegangen werden, als es gilt, auf die verschiedenen Optionen von uneingeschränkter Freigabe und zweckgerichteter Freigabe hinzuweisen. § 29 Abs. 2 StrlSchV unterscheidet (in Klammern jeweils die Spalte aus Anl. III Tab. 1 StrlSchV, in denen die Freigabewerte aufgeführt sind):

1) Optionen der uneingeschränkten Freigabe:
   a) von Stoffen allgemein (Sp. 5 und ggf. Sp. 4),
   b) von Bauschutt und Bodenaushub mit einer zu erwartenden Masse von mehr als 1.000 Mg/a (Sp. 6),
   c) von Bodenflächen (Sp. 7),
   d) von Gebäuden zur Wieder- und Weiterverwendung (Sp. 8);
2) Optionen der zweckgerichteten Freigabe:
   a) von festen Stoffen zur Beseitigung auf Deponien mit einer zu erwartenden Masse von mehr als 100 Mg/a bzw. 1.000 Mg/a (Sp. 9a bzw. 9c und ggf. Sp. 4),
   b) von Stoffen zur Beseitigung in einer Verbrennungsanlage mit einer zu erwartenden Masse von mehr als 100 Mg/a bzw. 1.000 Mg/a (Sp. 9b bzw. 9d und ggf. Sp. 4),
   c) von Gebäuden zum Abriss (Sp. 10),
   d) von Metallschrott zur Rezyklierung (Sp. 10a).

Ferner soll im Hinblick auf die Diskussion in den Abschnitten 5 und 6 in Erinnerung gerufen werden, dass die Freigabewerte entsprechend ihres Anwendungsbereichs und der Messaufgabe in unterschiedlichen Einheiten vorliegen:

- Anl. III Tab. 1 Sp. 5, 6, 7, 9a-9d und 10a StrlSchV in Bq/g,
- Anl. III Tab. 1 Sp. 4, 8 und 10 StrlSchV in Bq/cm².

5. Möglichkeiten und Folgen des Wegfalls bestimmter Freigabeoptionen

Warum könnten im Zuge der Umsetzung der neuen EU-BSS [1] überhaupt bestimmte Freigabewerte wegfallen? Es ist über die letzten Jahrzehnte die Auffassung entstanden, dass Freigabewerte nie höher sein sollen als die (gegenwärtigen) massenbezogenen Freigrenzen, die in RP 65 [3] hergeleitet wurden und in den aktuellen BSS der EU [4] und der IAEA [7] Anwendung finden und die daher auch in Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV übernommen wurden. Der Grund wird in RP122/I [8] anschaulich beschrieben:

> *"As a matter of fact, any set of clearance levels should not exceed the exemption values as laid down in the Basic Safety Standards in order to avoid situations in which material which has been cleared would again fall under the scheme of reporting and authorisation because it exceeded the exemption values."*

Daher wurden in Deutschland bisher alle Sätze von Freigabewerten so angepasst, dass für kein Nuklid der massenbezogener Wert die zugehörige Freigrenze nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV überschreitet. Welche Folgen würden sich ergeben, wenn dieses Konzept entgegen der in der Präambel zu der aktuellen Entwurfsfassung der neuen EU BSS (Abschnitt 3, Nr. 22) [1] genannten Möglichkeit zur Festlegung von spezifischen Freigabewerten auch oberhalb der neuen Freigrenzen (Abschnitt 2) in Deutschland beibehalten würde und auch künftig Freigabewerte nicht oberhalb von Freigrenzen liegen dürften, nun aber verstanden als diejenigen aus RS-G-1.7?

Zunächst stellt sich die rein praktische Frage: Wie kann man überhaupt feststellen, ob Freigabewerte in der Einheit Bq/cm² (Anl. III Tab. 1 Sp. 8 und 10 StrlSchV vgl. Abschnitt 4) höher sind als die neuen Freigabewerten/Freigrenzen in der Einheit Bq/g aus Anhang VI Tabelle A Teil 1 der Entwurfsfassung der BSS [1]? Wie könnte also entschieden werden, ob die Freigabewerte für Gebäude (zum Abriss oder zur Folgenutzung) mit den neuen Freigrenzen konform wären? An dieser Stelle könnte man zwar einwenden, dass die Freigabewerte/Freigrenzen gem. Anhang VI Tabelle A Teil 1 der Entwurfsfassung der BSS nur für Stoffe („*solid material*") gelten, doch trotzdem müsste ein Weg für einen derartigen Vergleich gefunden werden, wollte man das Konzept „Freigabewert ≤ Freigrenze" aufrecht erhalten.

Die nuklidspezifischen Freigabewerte für die Entsorgung als (konventionelle) Abfälle und für Metalle zum Einschmelzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 9a-9d und 10a StrlSchV sind – aufgrund der viel enger begrenzten Expositionsumstände – praktisch durchweg größer als die gegenwärtigen und zukünftigen Werte der uneingeschränkten Freigabe, also die Werte aus Anl. III Tab. 1 Sp. 5 StrlSchV sowie Anhang VI Tabelle A Teil 1 der Entwurfsfassung der EU-BSS. Da letztere zukünftig auch als Freigrenzen fungieren sollen, hätten die Werte der Anl. III Tab. 1 Sp. 9a-9d und 10a StrlSchV keine Daseinsberechtigung mehr, wenn die neuen Freigrenzen auch die Obergrenze für die Freigabewerte darstellen würden. Es wurde bereits verschiedentlich dargestellt, welche praktischen Auswirkungen dies hätte und dass somit das deutsche System der verschiedenen, genau aufeinander abgestimmten Freigabeoptionen auf die bloße Anwendung der uneingeschränkte Freigabe zurückgeworfen werden würde. Der

Vortrag [10] beziffert einen Anstieg der Menge radioaktiver Abfälle aus der Stilllegung eines Kernkraftwerks auf das 5,5-Fache, wenn die genannten Freigabeoptionen nicht mehr genutzt werden können. Es würden insgesamt zusätzlich mind. etwa 200.000 Mg radioaktive Abfälle anfallen, für die das Endlager Konrad keinen Platz böte. Die zusätzlichen Kosten würden sich im Bereich etlicher Milliarden Euro bewegen.

6. Vermeidung von Konflikten durch Anwendung des primären statt des abgeleiteten Grenzwerts

Glücklicherweise müssen die in Abschnitt 5 angesprochen Schreckensszenarien in keiner Weise eintreten, denn das dargestellte scheinbare Dilemma lässt sich durchaus vermeiden. Werfen wir hierzu einen Blick auf die neuen Strahlenschutz-Grundnormen der IAEA (Schedule I) [6] (Hervorhebung vom Autor):

> *"I-1. The general criteria for exemption are that:*
> *(a) The radiation risks arising from the practice or source within the practice are sufficiently low as to not warrant regulatory control, with no appreciable likelihood of scenarios that could lead to a failure to meet this criterion; or*
> *(b) Regulation of the practice or source would provide no net benefit, in that no reasonable control measures would achieve a worthwhile return in reduction of individual doses or risks.*
> *I-2. A practice or a source within a practice may be exempted under para. I-1(a) without further consideration provided that in all reasonably foreseeable situations, the effective dose expected to be incurred by any member of the public due to the exempted practice or source is of the order of 10 µSv or less in a year. To take account of low probability scenarios, a different criterion can be used, namely that the effective dose due to such low probability scenarios does not exceed 1 mSv in a year."*

Während die Anforderungen unter I-1 (a) und (b) bekannt sind und sich in analoger Weise in den EU-BSS finden, verdient die Ausgestaltung I-2 besondere Beachtung. Diese Definition der Freistellung („*exemption*") basiert auf dem primären Schutzziel, der Dosis im trivialen Dosisbereich („*the order of 10 µSv or less in a year*") und überlässt es dem jeweiligen radiologischen Modell („*all reasonably foreseeable situations*", „*scenarios*"), die Verbindung zwischen diesem Schutzziel und der jeweils abgeleiteten Größe wie den Freigrenzen oder Freigabewerten in Bq, Bq/g oder Bq/cm² herzustellen.

Demgegenüber formuliert die EU in Annex VI der neuen BSS [1] (Hervorhebung vom Autor):

> "*Exemption*
> *Practices may be exempted from notification either directly, on the basis of compliance with exemption levels (activity values (in Bq) or activity concentration values (in kBq kg^{-1})) laid down in section 2, or on the basis of higher values that, for specific applications, are established by the competent authority, satisfying the general exemption and clearance criteria set out in section 3. Practices subject to notification may be exempted from authorisation by law or general administrative act, or through an ad-hoc regulatory decision, on the basis of the information provided in conjunction with the notification of the practice and in line with general exemption criteria set out in section 3.*"

Die Freistellung („*exemption*“) wird hiermit also unmittelbar an die Freigrenzen bzw. Freigabewerte gekoppelt. Natürlich kennen die neuen EU-BSS auch die generellen Anforderungen an die Freistellung („*exemption*“) in Punkt 3 von Annex VI, es bleibt jedoch festzuhalten, dass die primäre Freistellung über die Freigrenzen bzw. Freigabewerte gem. Tabelle A aus Annex VI erfolgt, denn in Punkt 3 von Annex VI wird festgelegt (Hervorhebung vom Autor):

> *“For the purpose of exemption from notification or for the purpose of clearance, where amounts of radioactive substances or activity concentrations do not comply with the values laid down in Table A or Table B, an assessment shall be made in the light of the general criteria (a) to (c) above.”*

Die “*General exemption and clearance criteria*” werden also erst dann herangezogen, wenn die Einhaltung der Freigabewerte bzw. Freigrenzen gem. Tabellen A und B aus Annex VI nicht nachgewiesen werden kann.

Die Lösung des möglichen Konflikts zwischen Freigabewerten und Freigrenzen bei der Umsetzung der neuen EU BSS liegt, wenn schon nicht in der Formulierung, so doch in der den neuen Strahlenschutz-Grundnormen der IAEA zugrunde liegenden Denkweise: Man verwende nicht den abgeleiteten Grenzwert (die Freigrenzen/Freigabewerte), sondern den primären Grenzwert (die Individualdosisbereich in der Größenordnung von 10 µSv/a) als Kriterium. So vermeidet man auch den berühmten Vergleich von Äpfeln mit Birnen:

- Der Freigabewert eines Stücks Metallschrott zum Einschmelzen oder einer Abfallmenge zur Beseitigung auf einer Deponie kann durchaus hoch sein, da mit dem Metall und dem Abfall nur wenige Personen kurz und wenig intensiv in Berührung kommen. Bei der uneingeschränkten Freigabe etwa eines Gegenstandes (Werkzeugs o. ä.) ist das ganz anders, die zugehörigen Freigabewerte sind daher niedrig. – Das ist das typische Konstrukt der gestuften Freigabewerte.
- Verlässt das Stück Metallschrott auf dem Weg zum Schmelzbetrieb oder der Abfall auf dem Weg zur Deponie den Strahlenschutzbereich, aus dem es stammt, greift mitnichten § 71 StrlSchV („Abhandenkommen, Fund, Erlangung der tatsächlichen Gewalt“), und der LKW-Fahrer, der das Material transportiert, von dem er weiß, dass es evtl. noch Restaktivität besitzt, muss es nicht „der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde oder der für die öffentliche Sicherheit oder Ordnung zuständigen Behörde“ unverzüglich mitteilen, da die Aktivität nach § 2 Abs. 2 AtG außer Acht gelassen werden kann (Freigabewerte werden ja voraussetzungsgemäß unterschritten und der Stoff ist freigegeben, da er ja gerade zum Bestimmungsort transportiert wird).
- An dieser Situation würde sich auch dann nichts ändern, wenn Freigabewerte Freigrenzen überschreiten würden: der Akt der Freigabe, durch den der (physikalisch reale) Aktivitätsgehalt als im rechtlichen Sinne irrelevant erklärt wird, ist an die Freigabewerte und damit an das Dosiskriterium gebunden.
- Es könnte nur dann ein (gedankliches) Problem geben, wenn beispielsweise ein Schrottstück vor dem Einschmelzen vom LKW fällt und jemand dieses Schrottstück findet und an sich nimmt. Die Freigabe wurde ja für diese Stück nicht ordnungsgemäß abgeschlossen (der Schmelzbetrieb nicht erreicht), und der Finder (bzw. die zuständige Behörde, zu der er das Fundstück bringt) muss nun die Aktivität bewerten. Diese kann höher liegen als die Freigrenzen in Anhang VI Tabelle A Teil 1 der neuen EU-BSS [1]. Dies aber wäre der falsche Wertesatz zum Vergleich, da es sich um die Freigrenzen für beliebig große Mengen handelt. Der richtige Wertesatz wäre natürlich der

für „*moderate amounts*“ gemäß Anhang VI Tabelle B der neuen EU-BSS [1], also die bekannten Freigrenzen aus RP 65 [3]. Diese Werte werden aber voraussetzungsgemäß von allen Freigabewerten unterschritten.

Hätte es in diesem Fall je ein radiologisches oder gar rechtliches Problem gegeben? Die Antwort lautet nein, denn:

- Bei der Freigabe zum Einschmelzen oder zur Beseitigung, bei der das Material sein Ziel wie geplant erreicht, können jeweils nur Dosen im Bereich von 10 µSv/a auftreten. Dies garantieren die Szenarien.
- Beim versehentlichen Verlust eines Teils der Ladung und dem Fund durch einen Dritten greifen die Szenarien nach RP 65 [3], die ebenfalls die Einhaltung von Dosen im Bereich von 10 µSv/a sicherstellen. Die Freigrenzen für große Mengen (einige 100.000 Mg) sind in diesem Falle offensichtlich irrelevant.

Hieraus folgt natürlich auch, dass bei einer zukünftigen Anpassung des (aktuellen) § 71 StrlSchV der Bezug wieder auf die Freigrenzen für „*moderate amounts*“ gem. Anhang VI Tabelle B der neuen EU-BSS gesetzt werden müsste, da in diesem Fall die Freigrenzen für beliebig große Mengen nicht angemessen wären.

Bei sorgfältiger Umsetzung der Anforderungen zu Freistellung und Freigabe der neuen EU-BSS in einer zukünftigen Version der StrlSchV werden sich alle – bisher vielleicht noch nicht eliminierten – scheinbaren Widersprüche und Probleme auflösen lassen, ohne das bisherige System der Freigabe wesentlich zu verändern.

7. Literaturverzeichnis

[1] Council of the European Union: “Proposal for a Council Directive laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation”, Draft dated 24 May 2013

[2] International Atomic Energy Agency, “Applications of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance”, Safety Guide No. RS-G-1.7, Vienna (2004)

[3] Commission of the European Communities, “Radiation Protection – 65: Principles and Methods for Establishing Concentrations and Quantities (Exemption values) Below which Reporting is not Required in the European Directive” (1993)

[4] Council of the European Union, “Council Directive 96/29/Euratom of 13 May 1996 laying down basic safety standards for the protection of the health of workers and the general public against the dangers arising from ionizing radiation”

[5] Shelly Mobbs, “Review of the relevance of the scenarios used in the derivation of the exemption levels in the BSS to modern waste disposal practices”; 6. International Symposium on the Release of Radioactive Material from Regulatory Requirements, TÜV NORD, Wiesbaden (September 2009)

[6] International Atomic Energy Agency, “Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards - Interim Edition”, General Safety Requirements Part 3, Vienna (2011)

[7] International Atomic Energy Agency, “International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources”, Safety Series No. 115, Vienna (1996)

[8] European Commission, “Practical Use of the Concepts of Clearance and Exemption – Part I: Guidance of General Clearance Levels for Practices”, Radiation Protection 122 (2000)

[9] European Commission, “Practical Use of the Concepts of Clearance and Exemption – Part II: Application of the concepts of exemption and clearance to natural radiation sources”, Radiation Protection 122 (2002)

[10] Jörg Feinhals, Wolfgang Birkholz: „Perspektiven für die Stilllegung – Neue Entwicklungen bei der Freigabe“; KONTEC 2009, Dresden (März 2009)

[11] Augustin Janssens, “EU policy and legislation requirements on exemption of practices from notification and authorisation and on clearance of materials arising from authorised practices”; 6. International Symposium on Release of Radioactive Material from Regulatory Requirements, TÜV NORD, Wiesbaden (September 2009)

BEDEUTUNG VERSCHIEDENER FREIGABEOPTIONEN FÜR DEN RÜCKBAU DES KKS

G. U. Bacmeister

E.ON Kernkraftwerk Stade, Deutschland

Zusammenfassung
In Folge des IAEA-Safety Guide RS-G 1.7 wird eine Anpassung der Freigabewerte in dem EU-Regelwerk und entsprechend eine Übernahme in die Strahlenschutzverordnung vorbereitet. Der Beitrag befasst sich mit den Auswirkungen auf verschiedene Freigabeoptionen, die sich durch die neuen Werte bei Entfall der Freigabe zur Beseitigung oder der Freigabe von Gebäuden zum Abriss ergeben könnten. Für die Freigabe zur Beseitigung werden Entscheidungsmessungen real durchgeführter Freigaben des Kernkraftwerk Stade mit den vorgeschlagenen Freigabewerten neu ausgewertet und überprüft, ob anschließend eine Freigabe noch möglich wäre. Für die Freigabe von Gebäuden zum Abriss werden die Richtwerte verschiedener im Kernkraftwerk Stade verwendeter Messwerte, die sich bei Anwendung der Werte der Spalte 10 bzw. 4 der gültigen Strahlenschutzverordnung ergeben, verglichen und ebenfalls die Auswirkungen auf die Freigabe von Gebäudestrukturen diskutiert.

Summary
As a consequence of the IAEA-Safety Guide RS-G 1.7 is an adaption of the clearence level in European and national German law in preparation. This paper analyse the effect of the different clearance levels of the realisation of the clearance, especially if some conditioned clearance according to German law will not exist further more.

Schlüsselwörter *Freigabewerte, Freigabeoptionen*
Keywords *Clearance Levels, Clearance Options*

1. Einleitung

Das Kernkraftwerk Stade gehört zu den ältesten Leistungsreaktoren Deutschlands. Der Druckwasserreaktor wird seit 2005 zurückgebaut. Im Zuge des Rückbaues sind bisher ca. 12.000 Mg Demontagematerial angefallen. Diese wurden zu etwa gleichen Teilen der uneingeschränkten Freigabe, der Freigabe zur Rezyklierung und dem radioaktiven Abfall zugeordnet. Bis zum Rückbauende werden noch ca. 3000 Mg weiteres Demontagematerial, überwiegend als Bauschutt erwartet.

Von dem bereits angefallenen Freigabematerial wurden bisher ca. 1000 Mg zur Beseitigung freigegeben. Bis Rückbauende sollen weitere 2000 Mg nach der Freigabe an eine Beseitigungsanlage angedient werden.

Die Freigabe der Gebäude hat gerade erst begonnen. Betroffen sind ca. 90.000 m² Gebäudeoberfläche. Nach dem geplanten Abriss werden ca. 120.000 Mg Bauschutt erwartet.

2. Auswahl einer Freigabeoption

Die Festlegung auf eine der Entsorgungsoptionen erfolgt – soweit die jeweiligen Freigabewerte eingehalten werden – nach folgenden Kriterien:

- Anforderungen aus der jeweiligen Genehmigung / Zustimmung
- Nachweisführung, z.B. Messbarkeit, Verfügbarkeit geeigneter Messtechnik
- Erfordernissen aus dem Rückbau
- Wirtschaftlichkeit
- Verfügbarkeit einer geeigneten Senke

2.1 Freigabe zur Beseitigung

Die Freigabe zur Beseitigung wird angewendet, wenn die uneingeschränkte Freigabe nicht umgesetzt werden kann, sei es, weil eine Überschreitung der Freigabewerte zu erwarten ist, sei es, weil die Nachweisführung zur uneingeschränkten Freigabe nicht durchgeführt werden kann. Bei einem Entfall der Freigabe zur Beseitigung ist zu befürchten, dass das Material als radioaktiver Abfall entsorgt werden müsste.

In der Umsetzung werden aber größere Materialchargen derselben Freigabeoption zugeführt, deren mittlere Ausschöpfung der Summenformel wesentlich unter dem mit der Freigabe zu vereinbaren Wert 1 liegt. Damit wird vermieden, dass ein großer Anteil des Freigabematerials bei der Entscheidungsmessung verworfen werden muss und den Prozess behindert.

2.2 Freigabe zum Abriss

Zu der Freigabe zum Abriss führen ähnliche Überlegungen: Teile der Gebäudeoberfläche würden auch die Werte für die uneingeschränkte Freigabe einhalten. Bei Gebäuden ist aber die Nachweisführung wegen der Überdeckung der Aktivierung durch Sanierung oder bei eingedrungener Aktivität schwierig. Hinzu kommt die Erhöhung des Untergrunds durch natürliche Nuklide (insbesondere K-40) in der Gebäudestruktur, die die Messungen behindern. Eine uneingeschränkte Freigabe würde, soweit durchführbar zu einem erheblich größeren Aufwand führen.

3. Vergleich der Freigabefähigkeit bei Anwendung verschiedener Freigabewerte

Bei der Umsetzung des IAEA-Safety Guide RS-G 1.7 in europäisches und später in nationales Recht ist eine Anpassung der Freigabewerte Spalte 5 auf die Werte gemäß Annex VI [1] wahrscheinlich. Auch der Entfall der Freigabe zur Beseitigung wird diskutiert.

3.1 Freigabe zur Beseitigung

Um die Auswirkungen auf die Freigabefähigkeit des Materials zu zeigen wurden beispielhaft zwei Chargen ausgewählt:

rTs 1	aktivierter Bauschutt	ca. 60 Mg
rTs 2	kontaminierter Bauschutt	ca. 30 Mg

Das Material wurde mit der Freimessanlage RTM 644 lnc (Hersteller Fa. Rados/Mirion) gemessen. Das Freigabeverfahren sieht die Anwendung eines Nuklidvektors vor, der speziell für dieses Material gebildet wurde [3]. Damit wird eine möglichst genaue Feststellung des Radionuklidgemisches ermöglicht.

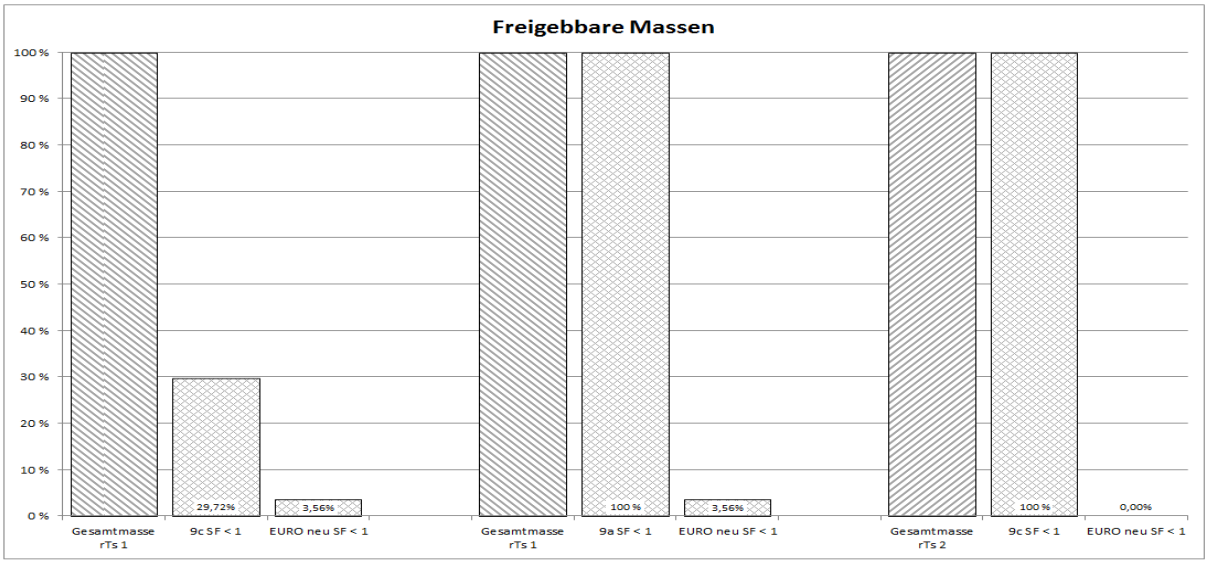


Abb. 1: Anteil freigabefähiges Material bei Anwendung der StrlSchV 2011 und der Werte aus Annex VI für aktivierten Bauschutt (rTs 1) und kontaminiertem Bauschutt (rTs 2)

Wie aus Abbildung 1 ersichtlich, konnte das Material mit den Freigabewerten der Strahlenschutzverordnung 2011 [2] zu 100% freigegeben werden. Im Falle der Charge mit aktiviertem Bauschutt mussten aber ca. 70% nach Spalte 9a freigegeben werden. Bei Anwendung des Annex VI wäre von dem aktivierten Bauschutt nur ca. 4 % weiterhin freigabefähig. In Summe würde durch die Anwendung der Werte nach Annex VI ca. 88 Mg zusätzlicher Abfall erzeugt werden.

Um die Übertragbarkeit auf weitere Massen zu prüfen, wurde auch der Bauschutt aus dem biologischen Schild bewertet. Leider konnte keine Auswertung auf die geplanten Werte gemäß Annex VI durchgeführt werden. Die Freigabewerte für die relevanten Nuklide sich nur geringfügig von den Werten der Spalte 5 der Strahlenschutzverordnung 2011 unterscheiden, kann die folgende Auflistung für den Vergleich verwendet werden:

Spalte 9:	ca. 300 Mg freigabefähig
Spalte 5:	ca. 75 Mg freigabefähig
Spalte 9a	ca. 300 Mg freigabefähig
Spalte 9c	ca. 290 Mg freigabefähig.

Hier wäre also ca. 25% des Materials weiterhin freigabefähig.

3.2 Freigabe zum Abriss

Um die Auswirkungen eines Wegfalls der Freigabeoption „Freigabe von Gebäuden zum Abriss“ zu bewerten, wurden die Richtwerte für die Messung mit Oberflächenmesstechnik für die Spalte 10 und Spalte 4 der Anlage 3 Tabelle 1 der StrlSchV gebildet. Bei Überschreitung der Richtwerte ist eine Freigabe nicht möglich. Im Freigabeverfahren des Kernkraftwerks

Stade ist der Rados H 1359 C (beta- Messtechnik) und der S.E.A PL 525 (gamma- Messtechnik) qualifiziert. In Tabelle 1 sind die Richtwerte (Bruttoimpulsraten) angegeben.

Tab. 1: Richtwerte bei 1 cm Abstand, statische Messung

Freigabeoption nach	Rados H 1359 C	S.E.A. PL525
Spalte 4	18 Ips	285 Ips
Spalte 10	33 Ips	560 Ips
Nulleffektzählrate	6 Ips	250 Ips

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, kann bei Anwendung des S.E.A PL 525 der Richtwert für Spalte 4 nicht mehr nachgewiesen werden. Für den Rados H 1359 C ist noch ein Netto-Messeffekt von ca. 12 Ips mit der Freigabe vereinbar, also eine Messung theoretisch möglich. Eine Belastbarkeit der Messergebnisse kann allerdings nur erzielt werden, wenn auch nachgewiesen ist, dass keine Aktivität eingedrungen ist. Wegen dieser Randbedingung kann die Messung in vielen Räumen des Kernkraftwerks Stade nicht durchgeführt werden oder wäre mit erheblichem zusätzlichem Aufwand verbunden.

Der Richtwert für Spalte 10 hingegen liegt bei beiden Messgeräten deutlich oberhalb des Nulleffektes. Entsprechend führt das Kernkraftwerk Stade die Entscheidungsmessung für die Freigabe zum Abriss durch.

4. Ergebnisse

Die Auswertung von Messergebnissen nach den Freigabewerten der Strahlenschutzverordnung 2011 und den geplanten Werten gemäß Annex VI führt bei gleichzeitigem Entfall der Freigabe zur Beseitigung zu einem Verwerfen von 70 bis 80% des für diese Freigabeoption vorgesehenen Materials. Unter Berücksichtigung der Auswirkungen auf den Freigabeprozess würden voraussichtlich 100% des Materials bereits unmittelbar nach der Demontage dem radioaktiven Abfall zugeführt werden. Im Falle des Kernkraftwerks Stade würde das etwa zu einer Verdoppelung des radioaktiven Abfalls aus dem Rückbau führen.

Sollte auch die Freigabeoption „Freigabe von Gebäuden zum Abriss“ nicht mehr in der Strahlenschutzverordnung zugelassen werden und stattdessen im Sinne der Vereinheitlichung der Freigabewerte die Kontamination immer nach den Freigabewerten entsprechend der aktuellen Spalte 4 bewertet werden müssen, so ist eine Messung mit Kontaminationsmonitoren schwer bis gar nicht mehr durchführbar. Im ungünstigen Falle müssten dann die Gebäude des Kontrollbereiches nach dem Abriss ebenfalls als radioaktiver Abfall entsorgt werden.

5. Literaturverzeichnis

[1] Council of the European Union, Annex VI zu 2011-0254 (NLE) (8025-1-12 Rev. 1)

[2] Strahlenschutzverordnung zuletzt geändert 04.10. 2011 (BGBL I S. 2000)

[3] Schartmann, Frank, Stefan Thierfeldt, Klaus Schiffer, Jens Adler, Georg Ulrich Bacmeister: Freimess- und Realisierungskonzept für die Freigabe von Material beim Rückbau des Kernkraftwerk Stade. Tagungsband Kontec (2005)

AUSWIRKUNGEN DER EU-GRUNDNORM – ENTFALL DER FREIGABE ZUM ABRISS/BESEITIGUNG IM HINBLICK AUF RÜCKBAUPROJEKTE DER WAK GMBH

S. Wittmann

WAK GmbH, Eggenstein-Leopoldshafen, Deutschland

Zusammenfassung

Die Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Rückbau und Entsorgungs- GmbH (WAK GmbH) hat die Aufgabe die kerntechnischen Versuchs- und Prototypanlagen am Standort KIT/Campus Nord zurückzubauen. Dazu gehören die Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK-Anlage), der Mehrzweckforschungsreaktor (MZFR), der Forschungsreaktor 2 (FR2), die kompakte natriumgekühlte Kernreaktoranlage (KNK), die heißen Zellen (HZ) sowie mehrere kleinere Forschungsanlagen des KIT. Die Gebäude, speziell die der WAK-Anlage, sollen nach dem Rückbau der verfahrenstechnischen Einrichtungen einer Freigabe nach § 29 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) (Gebäude zum Abriss) zugeführt werden. Hierzu sind die Freigabewerte der StrlSchV für Gebäude zum Abriss nach Anlage III Tab. 1 Spalte 10 zu unterschreiten. Zur Ermittlung der Aktivitätsverteilung wurden im Prozessgebäude Tiefenprofile erstellt, welche beim Vergleich gegen die Freigabewerte auch eine Abschätzung über die notwendigen Wandabtragstiefen erlauben. Im Rahmen der Überarbeitung der EU Grundnorm zum Strahlenschutz (Entwurf 10926/12 ATO 90 SOC 501 SAN 149) ist geplant, dass wie international üblich die Werte der Freigabe mit jenen der Freigrenze gleich gesetzt werden. Grundlage hierzu ist die Unterlage der IAEA „Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance RS-G-1.7“ Im Entwurf der EU Grundnorm, werden nur noch Freigabewerte (große Materialmengen) für die uneingeschränkte Freigabe aufgeführt, während Freigabewerte für eine „zweckgerichtete Freigabe“ gemäß Anlage III Tab. 1 Spalten 9a – 9d, 10 und 10 a StrlSchV nicht zu finden sind. In einem „worst case Szenario“ wurde nun betrachtet, welche Auswirkungen es hätte, wenn es rechtlich für jegliche Arten von Stoffen bzw. auch Gebäuden nur noch die Möglichkeit einer uneingeschränkte Freigabe im Sinne des Entwurfs zur Grundnorm gäbe. Die daraus resultierenden neuen Abtragstiefen wurden verwendet, um das in diesem Fall zusätzlich entstehende Reststoffvolumen für sämtliche Gebäude der WAK GmbH abzuleiten. Auf dieser Grundlage konnte dann abgeschätzt werden, was diese wesentliche Änderung an zusätzlichen Endlagerkosten bedeuten würde.

Summary

The WAK GmbH´s task is to decommission the nuclear installation projects at the KIT Campus Nord. These include the former Reprocessing Plant (WAK-Anlage), the Multi-purpose Research Reactor (MZFR), Research Reactor 2 (FR2), Compact Sodium-cooled Nuclear Reactor Facility (KNK), the Hot Cells (HZ) and some more small research facilities of the KIT. The buildings should be released by §29 German Radiation Protection Ordinance (StrlSchV) after the demolition of the process-engineering equipment. For this the clearance levels for “demolition of buildings” Annex III Tab. 1 Column 10 (StrlSchV) must be reached, depth profiles were sampled on order to estimate how much material of the walls has to be removed to reach the values of the clearance levels. In a proposal (10926/12 ATO 90 SOC 501 SAN 149) on the basis of new scientific knowledge the EU plans to introduce clearance levels from the IAEA – „Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance RS-G-1.7“.

In the proposal there are only clearance levels for an unrestricted release. Clearance levels for specific purpose (Annex III Tab. 1 Column 9a - 9d, 10 and 10a StrlSchV) are not named. A worst case scenario has been made what the possible effects are if the unrestricted release in the proposal of the basic safety standards from EU is guilty for every material. An estimation were done how much material and how much volume of building rubbish has to be removed to reach these new resulted clearance. Based on these volumes the caused additional financial costs for the final disposal for the WAK GmbH were calculated.

Schlüsselwörter *Freigabe, WAK GmbH, EU-Grundnorm*
Keywords *clearance, WAK GmbH, European Basic Safety Standards,*

1. Einleitung

Die Betreiber kerntechnischer Anlagen haben bisher die Möglichkeit zweckgerichtete Freigabewerte anzuwenden. Dies ist zum Beispiel bei einer Freigabe von Gebäuden zum Abriss gemäß Anlage III Tab. 1 Spalte 10 der StrlSchV der Fall. Im Gegensatz zu einer Freigabe von Gebäuden zur Wieder- und Weiterverwendung unter Einhaltung der Werte der Anlage III Tab. 1 Spalte 8 der StrlSchV, liegen die Freigabewerte bei einer Freigabe zum Abriss deutlich höher. Dies wird bei der Betrachtung der Expositionszenarien dadurch begründet, dass es zu einer abrissbedingten Vermischung zwischen der oberflächennahen Kontamination und den vergleichsweise dazu großen, nicht kontaminierten Massen kommt. In beiden Fällen wird das 10 µSv-Konzept eingehalten.
Die EU hat nun einen Entwurf der EU-Grundnorm zum Strahlenschutz (10926/12 ATO 90 SOC 501 SAN 149 vom 20.12.2012) erarbeitet, der Grenzwerte enthält, die deutlich niedriger als die der zweckgerichteten Freigabe aus der StrlSchV sind. Dies entspricht der international üblichen Vorgehensweise, bei der die Freigabewerte und die Freigrenzen gleichgesetzt werden. Bei einer strikten Umsetzung der Grundnorm in nationales Recht besteht daher die Möglichkeit, dass die zweckgerichtete Freigabe entfällt.

Um in einer ersten Näherung die finanziellen Folgen dieser möglichen Umsetzung abschätzen zu können, wurde in der WAK GmbH der „worst case“ unterstellt und eine Betrachtung hinsichtlich der zusätzlichen Endlagerkosten erarbeitet. In diesem Szenario wurde angenommen, dass nur noch die vergleichsweise restriktiven Freigabewerte/Freigrenzen aus dem Entwurf der EU-Grundnorm zur Anwendung kommen. Da sich die verschiedenen Anlagen der WAK GmbH in unterschiedlichen Rückbaustadien befinden, wurde als Basis dieser Betrachtung das Prozessgebäude der WAK-Anlage gewählt. Dieses birgt den Vorteil, dass die verfahrenstechnischen Einheiten schon weitestgehend rückgebaut wurden und aufgrund der weit fortgeschrittenen Voruntersuchung ein guter Kenntnisstand über die Aktivitätsverteilung im Gebäude besteht. Die wiederum aus der Betrachtung des Prozessgebäudes erzeugten Kennzahlen wurden im Nachgang auf alle anderen Anlagen der WAK GmbH übertragen und als ein potentiell zusätzliches Endlagervolumen dargestellt. Zusätzlich wurde auch ein Entfall der Freigabe zur Beseitigung unterstellt und die daraus abgeleiteten zusätzlichen Materialmengen ebenfalls dem zusätzlichen Endlagervolumen zugeschlagen. Dieses Volumen wurde dann direkt über einen angenommenen Kostensatz in Endlagerkosten umgewandelt.

2. Die Rückbauprojekte der WAK GmbH

2.1 Die WAK-Anlage

Die WAK-Anlage (Abb. 1) wurde in den 1960er Jahren als Pilotanlage für eine spätere kommerzielle Wiederaufarbeitung errichtet. 1991 wurde der Wiederaufarbeitungsbetrieb endgültig eingestellt und der vollständige Rückbau der Anlage beschlossen. Das Prozessgebäude beinhaltete sämtliche Einrichtungen des Wiederaufarbeitungsprozesses. Mit der Demontage wurde 1996 begonnen. Bis auf noch benötigte Infrastruktur ist das Prozessgebäude heute leer geräumt. Restarbeiten an der Baustruktur sowie die Freimessung des gesamten Gebäudes stehen noch aus.
Zur endlagergerechten Konditionierung der hochradioaktiven Abfalllösung aus dem Wiederaufarbeitungsprozess wurde neben den Lagergebäuden die Verglasungseinrichtung Karlsruhe (VEK) errichtet. Der Verglasungsprozess konnte Ende 2010 abgeschlossen werden. Die Castorbehälter mit den Glaskokillen wurden im Februar 2011 abtransportiert.

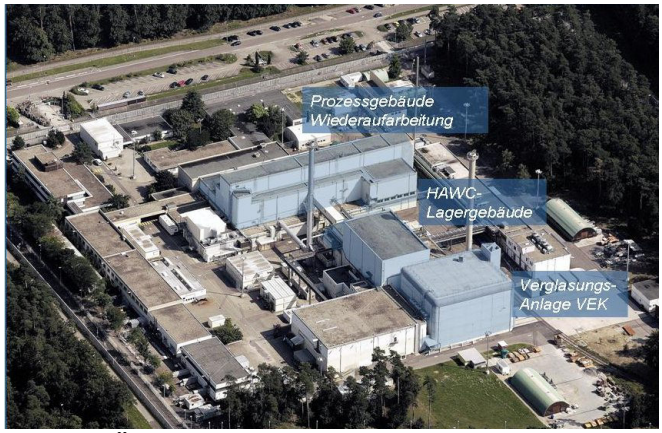


Abb. 1: Übersicht über die WAK-Anlage

Die beiden Gebäude mit den nun entleerten Lagerbehältern und auch die VEK werden im Zuge des WAK-Rückbaus nun ebenfalls demontiert. Nach Beseitigung der Radioaktivität aus allen Baustrukturen sollen die Gebäude freigegeben werden, aus dem Atomgesetz entlassen und anschließend abgerissen werden.

2.2 Der Mehrzweckforschungsreaktor (MZFR)

Der MZFR war ein Schwerwasser gekühlter Druckwasserreaktor mit 57 MW elektrischer Leistung. In fast 19 Betriebsjahren wurden im MZFR (Abb. 2) umfangreiche Erfahrungen im Betrieb von Schwerwasser-Reaktorsystemen gesammelt. Die Anlage wurde zur Stromerzeugung und zur Fernwärmeversorgung des ehemaligen Kernforschungszentrum Karlsruhe genutzt.
Im Jahr 1984 ging der MZFR endgültig außer Betrieb. Der Reaktor wurde entladen und die Brennelemente wurden zur Wiederaufarbeitung abgegeben. Das frühere Kernforschungszentrum Karlsruhe, jetzt KIT Campus Nord, sah für den Rückbau des MZFR die komplette Beseitigung der Anlage bis hin zur „grünen Wiese“ vor. Im Juli 2009 ging das Projekt in die Verantwortung der WAK GmbH über.

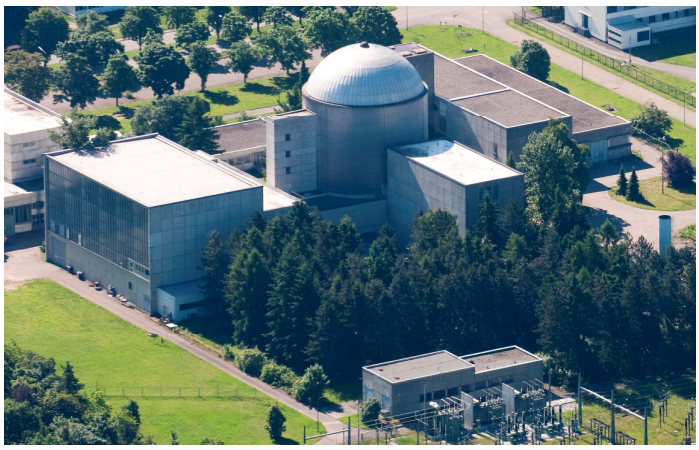


Abb. 2: Luftbild des Mehrzweckforschungsreaktors

2.3 Der Forschungsreaktor 2 (FR2)

Der FR2 (Abb. 3) war der erste Reaktor in der Bundesrepublik Deutschland, der nach eigenem Konzept und in eigener Verantwortung gebaut wurde. Nach nur vierjähriger Bauzeit wurde der Reaktor im März 1961 erstmals kritisch.

Abb. 3: Luftbild des Forschungsreaktors 2

Der FR2 wurde als Neutronenquelle für neutronenphysikalische Grundlagenversuche, für die nukleare Festkörperphysik und für Strukturanalysen benutzt. Darüber hinaus fanden in ihm zahlreiche Experimente zur Brennstoffentwicklung und zur Materialforschung statt. Auch Radioisotope für die Nuklearmedizin wurden im FR2 produziert. Am 21.12.1981 wurde der FR2 nach einer zwanzigjährigen erfolgreichen Betriebszeit mit mehr als 100.000 Betriebsstunden abgeschaltet. In einer Nachbetriebsphase wurden die Brennelemente ausgebracht, das Schwerwasser abgefüllt und die Hilfs- und Überwachungseinrichtungen außer Betrieb genommen. Bis Ende 1996 wurde im Rahmen von sechs Stilllegungsgenehmigungen der heutige Zustand des FR2 erreicht. Der Reaktorblock befindet sich im sicheren Einschluss, das heißt, dass sich die restlichen radioaktiven Komponenten in einer dicht verschlossenen Einhausung befinden. Alle nicht mehr benötigten Gebäude wurden freigemessen, aus dem Atomgesetz entlassen und konventionell abgerissen.

2.4 Die Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage (KNK)

Die KNK (Abb. 4) war ein Versuchskernkraftwerk mit 20 MW elektrischer Leistung. Die Anlage wurde zunächst von 1971 bis 1974 mit einem thermischen Kern als KNK-I und dann von 1977 bis 1991 mit einem schnellen Kern als Prototyp eines schnellen Brutreaktorkraftwerks unter der Bezeichnung KNK-II betrieben. Bei der Entwicklung der Schnellbrütertechnologie in Deutschland spielte der Reaktor eine zentrale Rolle.

Nach Aufgabe der Schnellbrütertechnologie in Deutschland (Stichwort Kalkar) erfolgte 1991 die endgültige Abschaltung der KNK. Seit 1993 laufen die Rückbauarbeiten. Das Stilllegungskonzept wurde vom ehemaligen Kernforschungszentrum Karlsruhe entwickelt und sieht vor, die Anlage in zehn Schritten vollständig abzubauen. Im Juli 2009 ging das Projekt in die Verantwortung der WAK GmbH über.

Abb. 4: Luftbild der KNK zur Betriebszeit

2.5 Die Heiße Zellen (HZ)

Die Heißen Zellen (HZ) dienten der Untersuchung von in Reaktoren bestrahlten Materialien. Brennelemente, Brennelementprüflinge und Strukturmaterialien wurden hier mit physikalischen und chemischen Methoden analysiert. Baulich ist die Anlage in drei Abschnitte unterteilt. Die Bauabschnitte 1 und 2 der Heißen Zellen gingen Anfang 2010 genehmigungsrechtlich in die Verantwortung der WAK GmbH über und sollen komplett rückgebaut werden. Kernstück der Anlage waren fünf Betonzellen (Abb. 5), die durch verschiedene Bleizellen ergänzt wurden. In den mit Bleiglasfenstern, Handmanipulatoren, Schwerlastmanipulatoren und verschiedenen Schleuseinrichtungen ausgestatteten Zellen konnten entsprechend der geforderten Aufgabenstellung unterschiedlichste Versuchsanordnungen aufgebaut werden. In einem separaten Laborbereich erfolgten weiterführende Untersuchungen, wie zum Beispiel Raster-Elektronen-Mikroskopie. In diesem Bereich fanden auch Dekontaminations- und Werkstattarbeiten statt.

Im Jahr 2010 wurden die für den Rückbau erforderlichen Unterlagen erarbeitet. Der beantragte Genehmigungsumfang berücksichtigt alle Dekontaminations-, Rückbau- und Demontagearbeiten. Die Genehmigung wurde Ende 2010 erteilt.

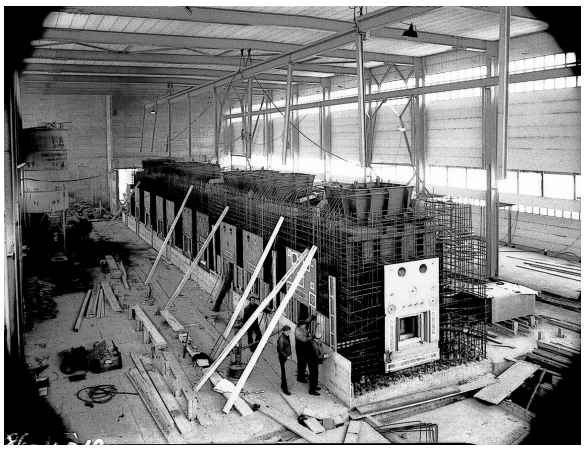


Abb. 5: Die fünf Betonzellen während der Bauarbeiten

3. Probebohrungen zur Erstellung von Tiefenprofilen

3.1 Probennahme

Ein Großteil des anfallenden Bauschutts beim Rückbau der kerntechnischen Anlagen ist von Radioaktivität nur in geringem Umfang belastet und kann freigegeben werden. Die Aktivität befindet sich größtenteils an der Oberfläche oder ist nur wenige Zentimeter tief in die Bausubstanz eingedrungen. Im Rahmen der radiologischen Iststandserfassung und Voruntersuchungen für die spätere Freigabe zum Abriss wurden im Prozessgebäude der WAK-Anlage bereits etwa 600 Tiefenprofile erstellt.
Hierzu wurden im Regelfall an den Stellen mit der höchsten Aktivitätskonzentration Bohrungen durchgeführt. Es wurden jeweils 3 Tiefen (2 cm, 4 cm, 6 cm) beprobt und zwar mit abnehmendem Bohrdurchmesser (Abb. 6), um Aktivitätsverschleppungen in die unterschiedlichen Schichten zu vermeiden.

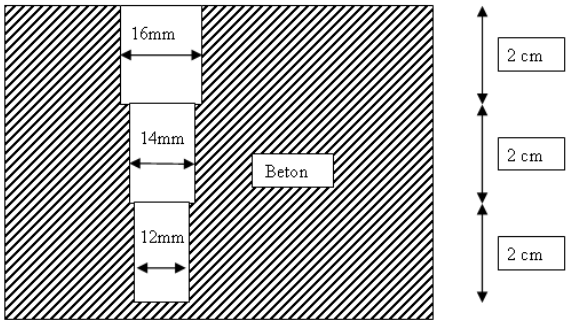


Abb. 6: Skizze der Bohrungen zur Erstellung eines Tiefenprofils

Der dabei entstehende Bohrstaub wurde durch einen Hohlbohrer abgesaugt und über einen Zyklonabscheider in einer angebrachten Kautex-Flasche gesammelt (Abb. 7). Je nach Aktivität wurden die einzelnen Proben unterschiedlich aufbereitet und gammaspektrometrisch ausgewertet.

Abb. 7: Bohrgerät mit Probensammlung in Kautex-Flasche

3.2 Tiefenprofile

Zur Erstellung der Tiefenprofile werden nur die Messwerte der Nuklide Cs-137 und Am-241 benötigt. Diese beiden Nuklide stellen hierbei die Schlüsselnuklide innerhalb der WAK-Anlage dar, auf Basis deren Nachweises die zugehörenden und zum Teil schwer messbaren Nuklide korreliert werden können Die massenspezifischen Messwerte werden zunächst in flächenspezifische Aktivitätswerte umgerechnet und gegen die Probenahmetiefe aufgetragen (Abb. 8). Im Regelfall wird von einer exponentiellen Abnahme der Aktivitätskonzentration mit der Tiefe ausgegangen, sodass das Eindringverhalten bei logarithmischer Skalierung der Ordinatenachse als Ausgleichsgerade verdeutlicht wird. Als waagerechte Gerade (AGrenz) wird der jeweilige Freigabewert der beiden Nuklide abgebildet. Für den Freigabewert wird ein auf den Nuklidvektor normierter Wert angenommen, der die Summenformel berücksichtigt.

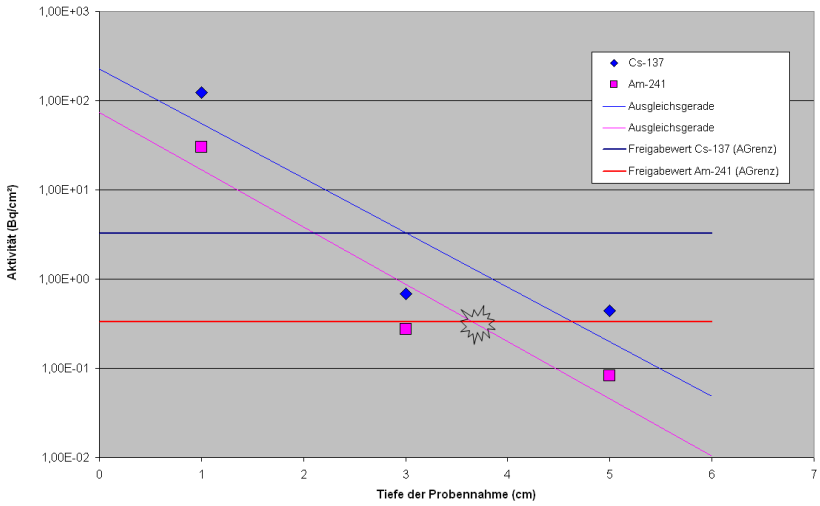


Abb. 8: Tiefenprofile für die Nuklide Cs-137 und Am-241

Der Schnittpunkt der jeweiligen Ausgleichsgerade mit der zugehörigen Gerade des Freigabewerts, zeigt die notwendige Abtragstiefe, welche auf die Raumoberfläche projiziert ein abzutragendes Volumen an Bauschutt errechnen lässt.

Diese Berechnung wurde sowohl für die abgeleiteten Freigabewerte auf Grundlage der Anlage III Tab. 1 Spalte 10 der StrlSchV gemacht, als auch für die abgeleiteten Freigabewerte auf Basis der Tab. 2 der IAEA – „Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance RS-G-1.7“.

In Abb. 9 ist zur Verdeutlichung der Folgen der Verlauf der Aktivität von Cs-137 mit den resultierenden Wandabtragstiefen dargestellt. Es ist zu erkennen, dass durch niedrigere Freigabewerte des Entwurfs der EU-Grundnorm im Vergleich zur StrlSchV ein zusätzlicher Wandabtrag zu erfolgen hat. Dadurch entsteht zusätzliches Volumen, das endgelagert werden müsste.

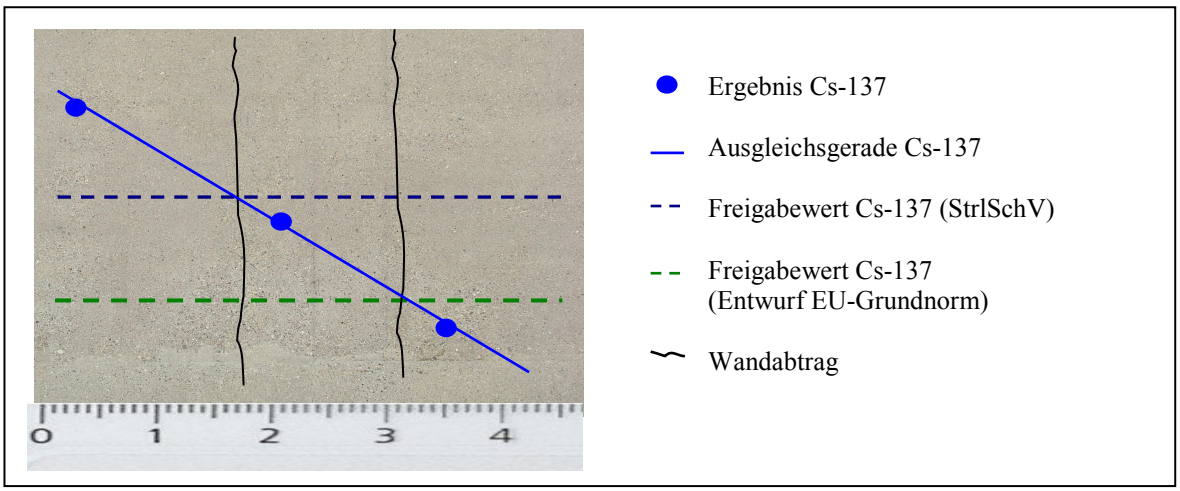


Abb. 9: Skizze mit Tiefenprofil im Querschnitt der Wand zur Verdeutlichung des nötigen Wandabtrages in Abhängigkeit von den Freigabewerten

4. Abschätzung des abzutragenden Wand- und Endlagervolumen

Die Erstellung der Tiefenprofile erfolgte im Prozessgebäude der WAK-Anlage sehr detailliert. In nahezu allen Räumen erfolgten an den Wänden, Böden und Decken die Probebohrungen. Anhand der Ergebnisse der Tiefenprofile konnte so zu fast jedem Raum über die Wandflächen das abzutragende Wandvolumen bis zum theoretischen Erreichen der „neuen“ Freigabewerte bestimmt werden.
Zur Übertragung der gewonnenen Erkenntnisse über die zusätzliche Wandabtragstiefe im Prozessgebäude auf die sonstigen Anlagen der WAK GmbH wurden die unterschiedlichen Räume des Prozessgebäudes in zwei Kategorien eingeteilt. So wurde zum einen eine mittlere Wandabtragstiefe für die weniger kontaminierten Bereiche der Kategorie 1 (z.B. normale Betriebsräume) und eine mittlere Wandabtragstiefe für die stark kontaminierten Bereiche der Kategorie 2 (z.B. Prozesszellen) gebildet. Nachdem auch alle weiteren Anlagen der WAK GmbH in diese Kategorien eingeteilt wurden, konnten die mittleren, zusätzlichen Abtragstiefen ermittelt werden. Hieraus wiederum wurde dann das zusätzliche Endlagervolumen abgeschätzt. Aufgrund des großen Rückbaufortschritts am MZFR und unter der Annahme, dass sich dieser zum Zeitpunkt einer Umsetzung der EU-Grundnorm schon im Abriss befindet, wurde bei dieser Anlage kein zusätzliches Endlagervolumen ausgewiesen.

5. Reststoffe aus der Rekonditionierung Fassstahlcontainer

Aus weiter zurückliegenden Verarbeitungscampagnen befinden sich in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) noch Fassstahlcontainer mit einer Vergussmatrix, die nach heutigem Stand nicht mehr den Vorgaben zur Behälterzulassung entspricht. Die Folge ist, dass derart konditionierbare Fassstahlcontainer nicht „konradgängig“ sind.
Die Rekonditionierung sieht vor, die darin enthaltenen Stahlfässer, in der Regel R-200-Fässer zerstörungsfrei aus den Containern zu bergen und die Vergussmatrix der Freigabe zur Besei-

tigung zuzuführen. Eine uneingeschränkte Freigabe ist aufgrund der massenspezifischen Aktivitätswerte nicht möglich. Ebenso wäre eine Freigabe nach den geplanten Freigabewerten der EU-Grundnorm nicht möglich. Ab 2016 fallen noch etwa 150 solcher Fassstahlcontainer an, deren Vergussmatrix dann möglicherweise nicht mehr freigegeben werden kann und dieses Material als radioaktiver Abfall dem Endlager zugeführt werden müsste.

6. Mögliches zusätzliches Endlagervolumen der WAK GmbH durch die EU-Grundnorm

Aufgrund der Abschätzung ist es ersichtlich, dass zusätzlich Bauschutt in einer Größenordnung von ca. 4.850 Mg anfällt (Tab. 1). Ein, den „KONRAD-Endlagerbedingungen“ gerechter Produktstahlcontainer (PSC) kann erfahrungsgemäß mit 10 Mg Bauschutt beladen werden. Für den gesamt anfallenden Bauschutt entspricht dies also 485 PSC’s mit einem Endlagervolumen von 3.460 m³.

Tab. 1: Ergebnis des zusätzlichen Endlagervolumens aus der Abschätzung

Gebäude	Masse in Mg
WAK-Anlage	3.050
KNK	300
FR 2	50
MZFR	0
HZ	600
Rekonditionierung Fassstahlcontainer	750
Zusätzliche Gebäude aus KIT	100
Zusätzlicher Bauschutt in Mg	4.850
Anzahl PSC’s (10 Mg Beladung, 3,00 m x 1,70 m x 1,40 m)	485
Endlagervolumen in m³	3.460

Bei der Annahme, das pro 1 m³ reine Endlagerkosten von 17.500 € (Stand 01.01.2013; BfS) entstehen, würde die strikte Umsetzung des Entwurfs der EU Grundnorm zusätzliche Endlagerkosten in Höhe von ca. 60 Mio. € verursachen.

7. Fazit

Grundsätzlich kann nach Umsetzung der EU-Grundnorm von drei verschiedenen Szenarien ausgegangen werden, die im Folgenden betrachtet werden.

Nach Umsetzung der EU-Grundnorm in nationales Recht

- gelten ausschließlich die Freigabewerte zur uneingeschränkten Freigabe der EU-Grundnorm.

Die speziellen Freigabewerte der Anlage III Tabelle 1 Spalten 9a – 9d, 10 und 10 a StrlSchV entfallen, die teilweise damit verbundenen Folgen sind oben aufgezeigt.

- ist es möglich zusätzlich zu den Freigabewerten der EU-Grundnorm, über Einzelfallbetrachtungen unter Einbeziehung von Gutachter und Aufsichtsbehörde für jede Charge eine Freigabe durchzuführen.

Diese Variante hat keine Auswirkungen auf Lagervolumina oder Endlagerkosten, da dann grundsätzlich eine Freigabe des Materials möglich ist. Allerdings fällt ein erheblicher Mehraufwand im Rahmen der Erstellung der Einzelfallbetrachtungen und zusätzliche Kosten für Gutachtertätigkeiten an. Die finanziellen Auswirkungen können derzeit noch nicht beziffert werden.

- können die derzeitig geltenden Freigabewerte der Anlage III Tabelle 1 Spalten 9a – 9d, 10 und 10 a StrlSchV aufgrund der bei ihrer nachgewiesenen Einhaltung des 10 µSv-Konzeptes im Rahmen einer nationalen Regelung weiter zur Anwendung kommen.

Keine nennenswerten Auswirkungen auf die derzeitige Vorgehensweise und Planung.

8. Literaturverzeichnis

[1] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlung (StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGB1. I S. 1714, ber. BGB1. 2002 I S. 1459), zuletzt geändert durch G zur Neuordnung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallrechts vom 24. Februar 2012 (BGB1. I S. 212, 249)

[2] IAEA Safety Standards Series, Application oft the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance, Safety Guide No. RS-G-1.7, Vienna, August 2004

[3] Proposal for a Council Directive laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, 10926/12 ATO 90 SOC 501 SAN 149; Brussels, 20 December 2012

FREIGABE ZUR BESEITIGUNG AM BEISPIEL DES KARLSRUHER ISOCHRON ZYKLOTRON (KIZ) – WAS KOMMT DANACH?

N. Keiber, M. Vilgis

WAK GmbH, Eggenstein-Leopoldshafen, Deutschland

Zusammenfassung
Das Karlsruher Isochron Zyklotron (KIZ) wurde 1962 vom damaligen Zyklotronlaboratorium der Gesellschaft für Kernforschung (heute KIT) errichtet und für zahlreiche Untersuchungen zu den Themen Neutronenphysik, Kernreaktionen etc. verwendet. Im Rahmen des Rückbaus dieser Anlage wurden in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe der WAK GmbH die Großkomponenten in Abhängigkeit ihrer Aktivierung zerlegt, um einen möglichst großen Teil einer Freigabe zur Beseitigung auf eine Deponie zuführen zu können. Nach der radiologischen Freigabe muss beim Entsorger eine chargenspezifische Annahmeerklärung beantragt und die abfallrechtliche Chargenanmeldung bei der Aufsichtsbehörde eingereicht werden. Die Aufsichtsbehörde stellt dann das Einvernehmen mit der nach Abfallrecht zuständigen Behörde her. Nach erfolgter Zustimmung der Aufsichtsbehörde kann das Material auf die Deponie verbracht und der Freigabevorgang abgeschlossen werden. Dieses Vorgehen ist nur auf Basis der derzeit gültigen Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) möglich. Bei einer zukünftigen restriktiven Umsetzung des Entwurfs der European Basic Safety Standards müsste bei einem Entfall der Freigabe zur Beseitigung gleichartiges Material als radioaktiver Abfall entsorgt werden.

Summary
The Karlsruhe Isochron Zyklotron (KIZ), built in 1962 by the Cyclotron laboratory of the Nuclear research association, was used for different analyses in neutron physics, nuclear reactions etc. For dismantling this plant, the bigger components have been brought to the decommissioning department oft the WAK GmbH and cut. The cuts have been set according to the activation of the material so that most of it could be released by clearance for disposal. After the radiologic part is completed a batch specific declaration of acceptance has to be applied by the disposal company. In the next step the batch application can be submitted to the regulatory authority for clearance. In agreement with the competent authority for waste the authority for clearance allows to bring the waste to the landfill site. This way of disposal is allowed by the valid German Radiation Protection Ordinance. If the draft of European Basic Safety Standards will be implemented in German law without any addition this procedure is not possible anymore. Then similar kind of material will end as radioactive waste.

Schlüsselwörter *Freigabe zur Beseitigung*
Keywords *clearance for disposal*

1. Einleitung

Das Karlsruher Isochron Zyklotron (KIZ) wurde 1962 vom damaligen Zyklotronlaboratorium der Gesellschaft für Kernforschung (heute KIT) errichtet und war damals die leistungsfähigste Maschine ihrer Art in Europa. Von 1964 bis 2003 fanden an diesem Teilchenbeschleuniger zahlreiche Untersuchungen zu den Themen Neutronenphysik, Kernspektroskopie, Radiochemie, Kernreaktionen, Materialforschung und Nuklearmedizin statt. Das KIZ diente auch technischen Anwendungen und apparativen Entwicklungen.

Bis auf den eigentlichen Isochronzyklotron-Magneten, den Schaltmagneten des Strahlführungssystems sowie der Versorgungseinrichtungen (E-Technik und Lüftungsanlage) wurden alle Anlagenteile im sogenannten KIZ-Bunker bereits von der früheren FZK GmbH (heute KIT) zurückgebaut. Von September 2010 bis Mai 2013 war die WAK GmbH neben dem KIT Mitinhaber der Genehmigung für das KIZ. Die WAK-GmbH war in dieser Zeit für den Rückbau und die Entsorgung der noch vorhandenen Ausrüstungsgegenstände verantwortlich.
Der KIZ-Magnet ist in Abb. 1 noch in Einbaulage im KIZ-Bunker dargestellt. Die Gesamtmasse beträgt ca. 300 Mg, wobei das obere und untere Joch mit je 105 Mg die schwersten Teile darstellen. Hinzu kommt der Schaltmagnet mit ca. 20 Mg. Das Magnetjoch ist 7,2 m breit und 3,6 m hoch.

Abb. 1: Isochron Zyklotron-Magnet und Schaltmagnet (rot) im KIZ-Bunker

Unter großem Aufwand wurde der KIZ-Magnet mit Hilfe eines speziellen Hubgerüsts in seine vier Einzelteile zerlegt und aus dem Bunker geborgen. Anschließend wurden die Teile mit einem Spezialfahrzeug einzeln zur Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe zur weiteren Verarbeitung gebracht.

2. Rechtliche Voraussetzungen für die Freigabe zur Beseitigung nach §29 StrlSchV und ihre Durchführung

Zur Durchführung von Freigaben zur Beseitigung nach § 29 Absatz 2 Satz 2 Nr. 2 Buchstabe a) StrlSchV müssen ein Freigabebescheid sowie eine vorläufige Annameerklärung eines Entsorgers für den zu entsorgenden Abfallschlüssel/Stoffstrom, hier Metallschrott, und für die benötigte Deponieklasse vorliegen. Die Beantragung des Freigabebescheids erfolgt im Fall der WAK GmbH bei der zuständigen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde, dem Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM). Der Antrag bezieht sich auf einen oder mehrere Stoffströme (z.B. Metallschrott) unter Angabe der Freigabeart. Im Fall einer Freigabe zur Beseitigung muss zusätzlich eine vorläufige Annahmeerklärung eines Entsorgers oder Deponiebetreibers für den zu entsorgenden Stoffstrom eingeholt und mit eingereicht werden. Eine Kopie dieser vorläufigen Annahmeerklärung muss der für die Deponie nach Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) zuständigen Behörde, hier die Regierungspräsidien Karlsruhe oder Stuttgart, vorgelegt werden. Im Freigabebescheid werden nicht nur die beantragten Stoffströme in Form des Abfallschlüssels nach Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV), sondern auch die Deponien, an die die freigegebenen Stoffe abgegeben werden können, genannt.

Die Freigabe einer Charge zur Beseitigung erfolgt in zwei Schritten. Nach der radiologischen Freigabe und der Feststellung der Übereinstimmung mit dem Freigabebescheid durch einen Strahlenschutzbeauftragten für die Freigabe (Freigabe-SSB) wird eine Analyse der konventionellen Schadstoffe nach der Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) sowie der Handlungshilfe Baden-Württemberg zur Ermittlung der Deponieklasse durchgeführt. Die DepV fordert, dass diese Probenahme nach LAGA PN 98 (Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall) durch sachkundiges Personal zu erfolgen hat. Im Anschluss an die Analyse wird eine Charakterisierung nach § 8 Deponieverordnung (DepV) erstellt und in Abhängigkeit der Einstufung in die Deponieklasse die in Frage kommende Deponie kontaktiert, um die chargenspezifische Annahmeerklärung anzufordern. Hierfür werden das Analysenergebnis, das Probenahmeprotokoll und die Charakterisierung eingereicht. Mit der chargenspezifischen Annahmeerklärung erfolgt die abfallrechtliche Chargenanmeldung beim UM. Das UM holt dann das Einvernehmen hinsichtlich der konventionellen Anforderungen an das zu entsorgende Material beim zuständigen Regierungspräsidium ein und erteilt in Anschluss die Zustimmung zur Beseitigung auf der in Frage kommenden Deponie. Danach kann die Charge an die Deponie abgegeben werden.

3. Radiologische Ist-Stand-Bestimmung und Durchführung der Freigabe nach §29 StrlSchV

Vor dem Ausbau des Magneten wurde ein umfangreiches Probenahmeprogramm zur Ermittlung des Aktivierungsprofils durchgeführt. Bereits bei diesen Voruntersuchungen zeigte sich, dass die ermittelten Werte der massenspezifischen Aktivitätskonzentrationen die Freigabewerte nach Anlage III Tabelle 1 Spalte 5 StrlSchV nicht in vollem Umfang einhalten. In diesem Zusammenhang musste auch der bei der WAK GmbH vorhandene Freigabebescheid für die Freigabe zur Beseitigung von Abbruchabfällen auf einer Deponie um den Stoffstrom Metalle erweitert werden. Für die weitere Handhabung und entsprechend der Anforderung der Deponie wurden die Magnetteile in handhabbare Teilstücke bis 4 Mg zerlegt. Anhand der Probenergebnisse und der technischen Machbarkeit wurden die Schnitte festgelegt, um einen

möglichst großen Anteil des KIZ-Magneten der Freigabe zuführen zu können. Nach der Zerlegung wurden weitere Probennahmen sowie Oberflächenkontaminationsmessungen durchgeführt. Zur Ermittlung des Nuklidvektors im Rahmen des Freigabeverfahrens wurde eine radiochemische Analyse von Fe-55 und Ni-63 durchgeführt. Hierbei zeigte sich, dass über das „Abschneidekriterium“ (Anlage IV, Teil A Nr. 1 e) StlrSchV) nur Co-60 betrachtet werden muss. Die Abwicklung der Freigabe bei WAK GmbH läuft in einem standardisierten Verfahren mit Beteiligung der TÜV SÜD Energietechnik GmbH Baden-Württemberg als Gutachter ab. Im Anschluss an die radiologische Freigabe wurde eine Materialprobe nach LAGA entnommen. Nach deren Auswertung konnte die Deponieklasse bestimmt und beim Entsorger eine chargenspezifische Annahmeerklärung beantragt werden. Sobald diese vorlag wurden alle benötigten Unterlagen dem UM eingereicht, welches dann das Einvernehmen mit dem Regierungepräsidium Karlsruhe hergestellt und der Freigabe zur Beseitigung zugestimmt hat. Auf diesem Weg konnten bisher ca. 75 Mg freigegeben und auf einer Deponie eingelagert werden. Noch ca. 120 Mg Metallschrott befinden sich in laufenden Freigabeverfahren.

4. Resümee

Von den insgesamt ca. 300 Mg an Metallschrott können ca. 2/3 des Magneten einer Freigabe zur Beseitigung zugeführt werden. Zur Abwicklung einer Freigabe zur Beseitigung sind zwar im Vorfeld viele administrative Maßnahmen zur Beantragung durchzuführen bis die Freigabe letztendlich vollzogen werden kann, dennoch stellt dies eine gute Alternative zur Endlagerung dar. Würden die European Basic Safety Standards ohne Ergänzungen in deutsches Recht umgesetzt, hätte dies den Entfall des Freigabepfads Beseitigung auf einer Deponie zur Folge. Dies wiederum würde bedeuten, dass in Zukunft gleichartiges Material als radioaktiver Abfall konditioniert und endgelagert werden müsste, was dann mit unverhältnismäßig hohen Kosten verbunden wäre. Eine Begründung für den Entfall der Freigabe zur Beseitigung, die sich in jahrelanger Praxis bewährt hat, ist aus Sicht des Strahlenschutzes nur schwer nachvollziehbar, da auch für die Freigabe zur Beseitigung das „10 µSv-Konzept“ gewahrt ist.

5. Literaturverzeichnis

[1] A. Küllmer, Der Aufbau des Karlsruher relativistischen Isochron-Zyklotrons; p. 3 ff, 1962

[2] LAGA PN 98, Richtlinie über das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen, Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 32, Stand: Dezember 2001

[3] Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV) vom 27.04.2009, zuletzt geändert durch Artikel 7 der Verordnung vom 2. Mai 2013 (BGBl. I S. 973)

[4] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714, ber. BGBl. 2002 I S 1459), zuletzt geändert durch G zur Neuordnung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallrechts vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S.212, 249)

Themenblock
Optimierung, Richtwerte

AUSWIRKUNGEN DER GEPLANTEN ART DER DOSISBEGRENZUNG FÜR PERSONEN DER BEVÖLKERUNG IN DEN EU-BSS AUF RADIOLOGISCHE MODELLE ZU §§ 47 UND 98 STRLSCHV

O. Nitzsche, P. Harding, S. Thierfeldt

Brenk Systemplanung GmbH, Aachen, Deutschland

Zusammenfassung
Die Strahlenschutzverordnung regelt die Entlassung aus der atomrechtlichen Überwachung von natürlichen als auch von künstlichen radioaktiven Stoffen. Nach § 98 ff dürfen Rückstände (NORM) nur dann aus der Überwachung entlassen werden, wenn die effektive Dosis für Einzelpersonen 1 mSv/a nicht überschreitet. Unabhängig davon gilt der im § 46 festgelegte Grenzwert der effektiven Dosis für Einzelpersonen durch Ableitungen und Direktstrahlung aus Tätigkeiten nach § 2 (1) Nr. 1 von 1 mSv im Kalenderjahr. Dieser wird durch die Festlegungen von § 47 und der zugehörigen Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (AVV) näher konkretisiert. Mit dem aktuellen Entwurf der Strahlenschutz-Grundnormen („Proposal for a Council Directive laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation" (BSS) vom Mai 2013) darf die effektive Dosis, die aus allen genehmigten Tätigkeiten („authorised practices") stammt, 1 mSv im Jahr nicht überschreiten (Art. 13). In diesem Beitrag diskutieren wir, welche Expositionen unter diesen Grenzwert fallen welche Auswirkungen die Implementierung der BSS auf die StrlSchV haben kann. Wir gehen dabei detailliert auf Expositionen durch NORM und Ableitungen ein.

Summary
The Radiation Protection Ordinance regulates the release of naturally occurring radioactive materials (NORM) as well as anthropogenic radioactive material from nuclear supervision. According to § 98 (and following) NORM may only be released if the effective dose for individuals in the population does not exceed 1 mSv/a. Independently the dose limit of 1 mSv/a for effluents and direct exposure according to § 46 applies. This limit is further detailed in the requirements stipulated in § 47 and in the corresponding common administration decrees. In the current draft of the Basic Safety Standards ("Proposal for a Council Directive laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation" dated May 2013) the effective dose for the individual resulting from all authorised practices may not exceed 1 mSv/a (art. 13). Here, we discuss which exposure situation are subject to this dose limit. In particular, we discuss possible ramifications on the revision of the Radiation Protection Ordinance , highlighting potential amendments for NORM and effluents.

Schlüsselwörter *BSS, Strahlenschutzverordnung, AVV, NORM, Ableitungen*
Keywords *BSS, Radiation Protection Ordinance, common administration decrees, NORM, effluents*

1. Einleitung

Die Umsetzung der neuen Strahlenschutz-Grundnormen der EU (EURATOM BSS) [1] in deutsches Recht wird Änderungen insbesondere der Strahlenschutzverordnung zur Folge haben. Die Vorbereitungen auf diese Umsetzung laufen in Deutschland bereits seit einigen Jah-

ren, doch noch gibt es Fragen bzgl. der grundsätzlichen Vorgehensweise bei dieser Umsetzung. Hierzu gehört u. a. die Vorgehensweise bzgl. der Erfüllung der Anforderung, dass künftig die Dosisbegrenzung von 1 mSv/a für die Individualdosis für Personen der allgemeinen Bevölkerung über alle geplanten Expositionen gemeinsam gelten soll (Artikel 13 aus [1]). Diskussions- und Anpassungsbedarf entsteht aufgrund der Tatsache, dass in der bisherigen Fassung der StrlSchV von 2001 die Bereiche der „Tätigkeiten“ (practices) und „Arbeiten“ (work activities) getrennt betrachtet und bewertet wurden.

In diesem Beitrag werden zunächst die Anforderungen der EURATOM BSS gemäß dem aktuellen, abschließenden Entwurfstand [1] dargestellt und es wird die Frage diskutiert, welche Expositionen zukünftig unter diese gemeinsame Betrachtung der resultierenden Individualdosis fallen könnten. Daran anschließend werden die bisherigen Ansätze zur Behandlung der Expositionen der Bereiche „Tätigkeiten“ und „Arbeiten“ dargestellt, und es werden abschließend Lösungsmöglichkeiten für die künftige gemeinsame Behandlung verschiedener Expositionen diskutiert, die bislang mit unter-schiedlichen radiologischen Modellen beschriebenen werden.

2. Anforderungen der EURATOM Strahlenschutz-Grundnormen

Die EURATOM BSS stellen in ihrer aktuell gültigen Fassung von 1996 [2] Anforderungen an die Individualdosen für Personen der Bevölkerung, die im Kern auf die Begrenzung der jährlichen Effektivdosis durch Tätigkeiten („practices“) auf 1 mSv hinauslaufen. Diese Anforderung wurde im deutschen Regelwerk in § 46 StrlSchV umgesetzt.

Demgegenüber existiert für Arbeiten („work activities“) keine derartige spezifische Anforderung in den BSS von 1996 [2]. Artikel 41 verweist lediglich darauf, dass die relevanten Teile der BSS für „work activities“ nach Maßgabe der Mitgliedsstaaten anzuwenden sind. Insbesondere erfolgt für diesen Regelungsbereich keine Vorgabe einer festen Dosisbegrenzung oder einer gemeinsamen Betrachtung gemeinsam mit „practices“. Der Grund für diese vergleichsweise wenig konkrete Ausgestaltung in Titel VII der BSS war, dass seinerzeit erst wenig Erfahrung der EU-Mitgliedsstaaten mit Regelungen für NORM vorlag und somit zunächst eine offene Vorgabe gewählt wurde.

Im aktuellen “Proposal for a Council Directive laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation” vom Mai 2013 [1] erfolgt dagegen eine sehr konkrete Vorgabe zur Ausgestaltung der Dosisbegrenzung. Entscheidend ist hierbei die Formulierung in Art. 13 (1) der BSS, wonach der in Abs. 2 der BSS genannte Dosisgrenzwert von 1 mSv/a für die Summe aller geplanten Expositionen für die Einzelperson der Bevölkerung gilt (der medizinische Bereich ist – wie auch in der gegenwärtigen Fassung der BSS von 1996 – hierin nicht eingeschlossen). Weiterhin erfolgt der Bezug ausdrücklich auf „authorised practices“, was bedeutet, dass auch bisher ausgeschlossene („excluded“) Expositionen durch natürliche Quellen wie kosmische Strahlung auf dem Erdboden oder den natürlichen terrestrischen Hintergrund ausgeschlossen bleiben (Art. 3), dass aber auch freigestellte Expositionen als Bestandteil von Tätigkeiten oder Arbeiten nicht einzubeziehen sind.

3. Expositionen als Bestandteil des Bevölkerungsgrenzwerts 1 mSv/a

Betrachtet man die bisher in der StrlSchV vorgenommenen Reglungen sowie die Reglungen zu Hinterlassenschaften des Uranbergbaus und anderen bergbaulichen Aktivitäten, so ergeben sich eine Vielzahl von Vorgängen, bei denen mit Expositionen zu rechnen ist. Ein Teil dieser

Expositionen sind nicht Bestandteil des genehmigten Umgangs in den Anlagen und Einrichtungen (z. B. Expositionen durch sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisse oder Expositionen durch freigegebene Stoffe, Gegenstände, Gebäude usw.)[1] und daher auch nicht als Bestandteil des Bevölkerungsgrenzwerts zu betrachten. Aus derzeitiger Sicht sind insbesondere folgende Expositionen als Bestandteil des Bevölkerungsgrenzwerts 1 mSv/a im Sinne der BSS zu diskutieren (die Artikel beziehen sich auf die aktuelle Entwurfsfassung der EURATOM BSS [1]):

1. Exposition durch kerntechnische Anlagen und Läger für radioaktive Abfälle (Artikel 27b (b) und 27 (e)),
2. Expositionen durch Ableitungen radioaktiver Stoffe (auch NORM-Rückstände, Artikel 27b (f)) und
3. Exposition durch Betrieb und Stilllegung eines Uranbergwerkes (Artikel 27b (b))

Diese Zusammenstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Insbesondere muss darauf verwiesen werden, dass die in der aktuellen Fassung von [1] genannten regelbedürftigen Tätigkeiten gegenüber früheren Versionen weniger restriktiv formuliert sind. Hier muss die verabschiedete Version abgewartet werden. Ebenso können beispielsweise in der späteren Umsetzung der Regelung in einer Neufassung der StrlSchV oder anderer Regelwerksteile aufgrund von Freistellungsregelungen auch nur Teile dieser Auflistung dem Bevölkerungsgrenzwert hinzugerechnet werden. Im Folgenden wird unabhängig hiervon diskutiert, wie existierende Regelungen zu den genannten Expositionsarten teilweise konkurrieren und wie sie sich ggf. in Einklang bringen ließen.

Für die drei genannten Expositionsarten existieren in Deutschland detaillierte radiologische Modelle, mit deren Hilfe Expositionen bewertet bzw. abgeleitete Grenzwerte berechnet werden:

- § 47 Abs. 1 und 2 StrlSchV zusammen mit der AVV zu § 47 [3], mit deren Hilfe sich die in Genehmigungsverfahren relevanten Grenzwerte für Ableitungen mit Fortluft und Abwasser berechnen lassen (die potentielle Exposition durch Direktstrahlung aus Anlagen wird üblicherweise durch Messung oder Berechnung aus dem Aktivitätsinventar ermittelt), sowie § 47 Abs. 4 in Zusammenhang mit Anl. VII Teil D StrlSchV für „kleinere“ Anlagen und Einrichtungen,
- die Berechnungsgrundlagen Bergbau [4],
- § 98 StrlSchV zusammen mit den Überwachungsgrenzen nach Anl. XII Teile B und C StrlSchV.

Alle drei radiologischen Modelle schöpfen jeweils für sich den Bevölkerungsgrenzwert 1 mSv/a vollständig aus und legen dabei jeweils abdeckende Expositionsumstände (u. a. ganzjährige Exposition, abdeckende Ingestionsmengen, Aktivitätskonzentration in der Luft usw.) zugrunde. Sowohl die Rechenvorschrift der AVV zu § 47 StrlSchV [3] als auch die grundlegende Untersuchung [5], auf deren Basis die Überwachungsgrenzen nach Anl. XII Teile B und C StrlSchV abgeleitet wurden, beruhen in Übereinstimmung mit der bisherigen Fassung der BSS [2] jeweils auf der Ausschöpfung von 1 mSv/a. Expositionszeiten von mehr als 8.760 h/a oder mehrfacher Verzehr einer abdeckenden Menge von Lebensmitteln und Trink-

[1)] Zwar bedarf die Freigabe als solcher einer Genehmigung, jedoch handelt es sich bei der Freigabe gerade um eine Freistellung von der Genehmigungspflicht auf der Basis des Trivialdosisbereichs. Die Freigabe ist daher für den Bevölkerungsgrenzwert nicht relevant.

wasser pro Jahr sind aber für Referenzpersonen nicht möglich. die Modelle lassen sich also nicht einfach „addieren“.

Im folgenden Abschnitt wird vor diesem Hintergrund auf Erfahrungen insbesondere bei der Ermittlung von Expositionen durch Ableitungen und Direktstrahlung aus kerntechnischen Anlagen eingegangen und es werden mögliche Probleme bei Erweiterungen hinsichtlich der künftigen Umsetzung der EURATOM BSS aufgezeigt.

4. Ermittlung von Expositionen durch Ableitungen und Direktstrahlung aus kerntechnischen Anlagen

4.1 Ableitungen radioaktiver Stoffe

Für den Betrieb, die Stilllegung, den sicheren Einschluss und den Abbau von Anlagen oder Einrichtungen legt die zuständige Behörde die zulässigen Ableitungen radioaktiver Stoffe mit Luft und Wasser durch Begrenzung der Aktivitätskonzentrationen oder Aktivitätsmengen fest. Für die zulässigen Ableitungen werden Expositionen mittels des Rechenmodells der AVV zu § 47 StrlSchV [3] z. B. im Rahmen von Antragstellungen für Genehmigungsverfahren kerntechnischer Anlagen nach § 47 StrlSchV berechnet.

Der Nachweis der Begrenzung der Exposition durch Ableitungen gilt als erbracht, wenn sowohl für Luftpfad als auch für den Wasserpfad jeweils die nach AVV an den als ungünstig ermittelten Einwirkungsstellen berechneten potentiellen Expositionen die Dosisgrenzwerte nach § 47 Abs. 1 StrlSchV (0,3 mSv im Kalenderjahr und diverse weitere Werte für Organdosen) eingehalten werden. Beide Pfade sind dabei unabhängig zu betrachten, die Annahme von Kernparametern wie Aufenthaltszeiten und Verzehrraten erfolgt in der AVV konservativ und für beide Pfade unabhängig.

Nach § 47 Abs. 4 StrlSchV können für Anlagen oder Einrichtungen, die keiner Genehmigung nach §§ 6, 7 oder 9 des Atomgesetzes und keines Planfeststellungsbeschlusses nach § 9b des Atomgesetzes bedürfen, die in Anl. VII Teil D StrlSchV festgelegten Aktivitätskonzentrationen für Ableitungen radioaktiver Stoffe mit Luft oder Wasser als Jahresmittelwerte angewendet werden. Deren Herleitung beruht u. a. auf der Anwendung des Rechenmodells der AVV unter Verwendung von generischen Parametern und ist somit analog zu Anwendung der AVV im Einzelfall zu sehen.

Sofern Ableitungen aus dem Betrieb anderer Anlagen oder Einrichtungen oder früheren Tätigkeiten im Geltungsbereich der StrlSchV zur Strahlenexposition an den ungünstigsten Einwirkungsstellen beitragen, hat die zuständige Behörde darauf hinzuwirken, dass die Dosisgrenzwerte <u>insgesamt</u> nicht überschritten werden. Das bedeutet, dass Ableitungen aus weiteren, durch die StrlSchV genehmigten Tätigkeiten als Vorbelastungen zu berücksichtigen sind.

Gegenseitige Beeinflussungen von Anlagen bei Ableitungen über den Luftpfad sind dann gegeben, wenn die Anlagen in unmittelbarer Umgebung zueinander (weniger als 2.000 m Abstand der Hauptemissionspunkte) liegen. Eine derartige Situation ist z. B. bei verschiedenen Blöcken eines KKW oder mehreren größeren Anlagen an einem Forschungsstandort gegeben. Die Hinzunahme von weiteren Anlagen in den Reglungsbereich der StrlSchV lässt hier allerdings nur wenige Fälle erwarten, in denen sich durch gemeinsame Berücksichtigung der Ab-

leitungen mehrerer Anlagen signifikant höhere potentielle Expositionen für eine Referenzperson ergeben würden.

Gegenseitige Beeinflussungen von Anlagen bei Ableitungen über den Wasserpfad sind (im Unterschied zu luftgetragenen Ableitungen) die Regel, da beim Wasserpfad sowohl die Auswirkungen im Nahfeld (meist in der Nähe der Einleitstelle in den Vorfluter) als auch im Fernfeld zu betrachten sind. Bei Anwendung der Berechnungsvorschriften der AVV ergibt sich die ungünstigste Einwirkstelle einer Anlage im Fernfeld meist in einem der Hauptvorfluter, so dass hier eine große Zahl von Anlagen zur Vorbelastung beitragen kann und meist eine hohe Ausschöpfung der Grenzwerte nach § 47 StrlSchV berechnet wird. Die Hinzunahme weiterer Anlagen würde hier also durchaus Probleme hinsichtlich der Einhaltung der Grenzwerte nach § 47 StrlSchV erwarten lassen.

Generell müsste auch überprüft werden, ob die die in Anl. VII Teil D StrlSchV festgelegten Aktivitätskonzentrationen für Ableitungen radioaktiver Stoffe mit Luft und insbesondere mit dem Wasser bei Hinzunahme weiterer Anlagen in den Genehmigungsbereich der StrlSchV anzupassen wären.

Weiterhin ist festzustellen, dass die bisherigen Berechnungsvorschriften in der AVV einerseits (Ziel: Nachweis der Einhaltung von Grenzwerten) und in den die Berechnungsgrundlagen Bergbau sowie zur Ermittlung der Überwachungsgrenzen nach Anl. XII Teile B und C StrlSchV andererseits (Ziel: Ermittlung von Richtwerten) unterschiedliche Ansätze hinsichtlich der Konservativität der Parameter haben. Hier besteht daher grundlegender Klärungsbedarf, wenn Ableitungen einheitlich bewertet werden sollen.

4.2 Potentielle Exposition durch Direktstrahlung

Die potentielle Exposition durch Direktstrahlung aus bestehenden Anlagen wird üblicherweise durch Messung der (meist jährlich akkumulierten) Ortsdosisleistung (ODL) unter Anwendung von altersgruppenabhängigen Geometriefaktoren und abdeckenden Aufenthaltsdauern ermittelt. Ort der ODL-Ermittlung (zur Bewertung) ist üblicherweise der Anlagenzaun (Begrenzung des Überwachungsbereichs). Zusätzlich werden in der näheren und weiteren Umgebung Messungen durchgeführt, die u. a zur Ermittlung der Hintergrund-ODL durch kosmische Strahlung und natürliche Radionuklide im Boden dienen. Details zu den Messungen regelt die Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung (REI) [6]. Für Planungen von Anlagen (z. B. Neuerrichtung oder Erweiterung von Zwischenlägern) kann die potentielle Direktstrahlung auch berechnet (Berechnung der potentiellen ODL, ansonsten Vorgehen wie bei Messungen) werden.

Die für die Strahlenexposition aus Direktstrahlung maßgebenden Aufenthaltszeiten richten sich nach den räumlichen Gegebenheiten der Anlage oder Einrichtung oder des Standortes; liegen keine begründeten Angaben für die Aufenthaltszeiten vor, ist Daueraufenthalt (8.760 h im Kalenderjahr) anzunehmen. Begründete Annahmen resultieren u. a. aus Zugangsbegrenzungen zum Betriebsgelände, wenn dieses sich über das Anlagengelände hinaus erstreckt (2.000 h im Kalenderjahr) oder aus Aufenthaltsbegrenzungen durch Rechtsvorschriften (z. B. Aufenthalt auf Bauwerken der Wasserwirtschaft).

Werden die Vorgaben der REI zur Messung der ODL angewandt, so kann die daraus ermittelte Exposition durch Direktstrahlung als Gesamtexposition am Standort angesehen werden. Die Direktstrahlung aus anderen durch die StrlSchV genehmigten Anlagen wird damit impli-

zit berücksichtigt. Gegenseitige Beeinflussungen durch mehrere an einem Standort genehmigte Anlagen kommen vor (siehe Abschnitt 4.1, Luftpfad), sind jedoch in der Regel von untergeordneter Bedeutung. Die Einbeziehung weiterer Tätigkeiten in die Reglungen der StrlSchV würde demnach hinsichtlich der Bewertung der Direktstrahlung nur mit geringer Wahrscheinlichkeit zu Problemen bei bestehenden Genehmigungen führen.

4.3 Begrenzung der Exposition gemäß § 46 StrlSchV

Für die Exposition durch Direktstrahlung existiert kein separater Grenzwert, es sind jedoch die Begrenzung gemäß § 46 StrlSchV auf 1 mSv im Kalenderjahr Effektivdosis (sowie weitere Begrenzungen von Organdosen) insgesamt einzuhalten. Hierbei müssen Expositionen durch Ableitungen (inklusive Vorbelastungen) mit einbezogen werden.

Berechnungsvorschriften, wie die Gesamtbewertung zu erfolgen hat, werden durch die StrlSchV nicht vorgegeben. Für die Gesamtbewertung besteht daher Spielraum hinsichtlich der Annahme von Kernparametern wie Aufenthaltszeiten und Verzehrraten.

Insbesondere sollte darauf verwiesen werden, dass Berechnungen zu Ableitungen über den Luftpfad und die Ermittlung der Personendosis bei Direktstrahlung meist Daueraufenthalt für verschiedene Aufpunkte annehmen. Genauere Betrachtungen können hier Konservativitäten abbauen, verkomplizieren aber die Berechnungen ggf. (z. B. indem die ungünstigste Einwirkstelle bei summarischer Betrachtung beider Expositionspfade neu ermittelt werden muss).

Berechnungen zu Ableitungen über den Luftpfad und über den Wasserpfad gehen dagegen von den gleichen, konservativen Verzehrraten aus. Hier ist allerdings eine Aufsummierung trotzdem nicht a priori auszuschließen, da beide Expositionspfade durchaus summarisch auf eine ungünstigste Einwirkstelle wirken können und ggf. auch unterschiedliche Lebensmittelgruppen für die potentielle Exposition maßgeblich verantwortlich sind. Ein Abbau von Konservativitäten ist hier bei erhöhtem Berechnungsaufwand jedoch möglich.

5. Fazit

Die durch eine Umsetzung der neuen Strahlenschutz-Grundnormen der EU ggf. notwendige Einbeziehung weiterer Tätigkeiten in den Reglungsbereich der StrlSchV wird Auswirkungen auf die Bewertung hinsichtlich der Begrenzung der Exposition für die Bevölkerung haben. Unsere Erfahrungen aus der Bewertung von Ableitungen und Direktstrahlungen aus kerntechnischen Anlagen zeigen jedoch, dass dafür bestehende Genehmigungswerte sowie abgeleitete Grenzwerte und Überwachungsgrenzen nicht pauschal herabgesetzt werden müssten.

Die bestehende Anforderung der StrlSchV zur Berücksichtigung von Vorbelastungen ermöglicht eine Erweiterung hinsichtlich der zu betrachtenden Anlagen. Auswirkungen auf die Bewertung sind hier aus unserer Sicht insbesondere beim Wasserpfad zu erwarten.

Unterschiedliche Ansätze in den Berechnungsvorschriften mit verschiedenen Zielen (Nachweis der Einhaltung von Grenzwerten einerseits und Ermittlung von Richtwerten andererseits) sollten jedoch vereinheitlicht werden, sofern die jeweiligen Tätigkeiten einer einheitlichen Bewertung hinsichtlich des Strahlenschutzziels unterliegen sollen.

Der vorliegende Beitrag soll Ansätze für eine Diskussion der vorgestellten komplexen Themen liefern.

6. Literaturverzeichnis

[1] Council of the European Union: Proposal for a Council Directive laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, Draft dated 08 May 2013

[2] Council of the European Union: Council Directive 96/29 EURATOM of 13 May 1996 laying down basic safety standards for the protection of the health of workers and the general public against the dangers arising from ionizing radiation

[3] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 47 der Strahlenschutzverordnung (Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus Anlagen oder Einrichtungen) vom 28. August 2012, Bundesanz. AT 05.09.2012 B1

[4] Bundesamt für Strahlenschutz: Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der Strahlenexposition infolge bergbaubedingter Umweltradioaktivität (Berechnungsgrundlagen Bergbau), Bericht BfS-SW-07/10, Salzgitter, März 2010

[5] Brenk Systemplanung: Ableitung von Überwachungsgrenzen für Reststoffe mit erhöhten Konzentrationen natürlicher Radioaktivität, 31.05.1999

[6] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI), Rundschreiben des BMU vom 7.12. 2005 - RS II5 - 15603/5 -

AUSBREITUNGSBERECHNUNG VERBRENNUNGSANLAGE UND WASSERREINIGUNG BEI NUCLEAR ENGINEERING SEIBERSDORF

B. Wellens

Nuclear Engineering Seibersdorf, Österreich

Zusammenfassung
In der österreichischen allgemeinen Strahlenschutzverordnung (AllgStrSchV) sind für die Aktivitätskonzentrationen in gas- und wasserförmigen Ableitungen lediglich Richtwerte (Anlage 12) vorgesehen. Der einzig existierende Grenzwert ist der Dosisgrenzwert von 0,3 mSv/a für Einzelpersonen der Bevölkerung.
Da die Ableitungsrichtwerte auf einem sehr konservativen Ansatz basieren, wird der Dosisgrenzwert auch bei erheblich höheren Aktivitätskonzentrationen in den Ableitungen nicht überschritten. Das vorliegende Paper zeigt dies am Beispiel der Verbrennungsanlage und der Wassereinigung der NES (Nuclear Engineering Seibersdorf).
Für beide Anlagen wurden Ausbreitungsberechnungen unter Zuhilfenahme der Software AUSTAL2000 (gasförmige Ableitungen) und der allgemeinen Verwaltungsvorschrift (AVV) zu §47 der (deutschen) Strahlenschutzverordnung (flüssige Ableitungen) durchgeführt, welche zeigen, dass auch bei höheren Konzentrationen in den Ableitungen das Dosislimit von 0,3 mSv/a eingehalten wird.

Summary
In the Austrian general radiation protection regulation (AllgStrSchV) merely guidance values (Annex 12) are provided for the activity concentrations in gaseous and aqueous effluents. The only existing limit is the dose limit of 0.3 mSv/y for members of the public.
As these guidance values are based on very conservative hypotheses, the dose limit is still met, even for considerably higher release activity concentrations.
This paper illustrates this for the cases of the incineration plant as well as the water treatment plant in the NES (Nuclear Engineering Seibersdorf)
For both facilities, dispersion calculations were performed, using the software package AUSTAL2000 (in the case of gaseous releases) and using the the general administrative regulation (Allgemeine VerwaltungsVorschrift - AVV) to §47 of the (German) radiation protection regulation (in the case of aqueous releases). These calculations show that, while release concentrations are above the guidance values, the dose limit of 0.3 mSv/y for members of the public is still met.

Schlüsselwörter: *Ausbreitung, Abgas- und Abwasserkonzentrationen, Dosisbelastung*
Keywords: *dispersion, release concentrations, gaseous and aqueous effluents, dose impact*

1. Einleitung

Die Verbrennungsanlage (VA) bei Nuclear Engineering Seibersdorf (NES) 0 dient der Verbrennung von brennbaren radioaktiven Abfällen.
Die AllgStrSchV 1972 hat HZK (Höchst Zugelassene Konzentrationen) vorgegeben, die im Abgas der VA eingehalten wurden.

Seit der neuen Fassung der AllgStrSchV 2006, besteht nur noch die Auflage (§74), die Dosisbelastung aus dem Umgang mit radioaktiven Stoffen (die medizinische Belastung ausgenommen) für Einzelpersonen der Bevölkerung kleiner als 0,3 mSv pro Jahr zu halten.
Der Gesetzgeber hat in Anlage 12 der AllgStrSchV eine Tabelle mit Richtwerten für die Abgaskonzentrationen aufgenommen, wo bei deren Einhaltung davon ausgegangen werden kann, daß die Dosisbelastung für eine Einzelperson der Bevölkerung kleiner als 0,3 mSv pro Jahr beträgt. Diese Richtwerte sind unter konservativen Hypothesen berechnet worden (8760 Stunden Aufenthaltszeit pro Jahr an der Mündung des Kamins, hoher Atemdurchsatz, maximale Dosiskoeffizienten, usw.). Manche von diesen Richtwerten sind sehr niedrig und stellen in der Eigenüberwachung eine hohe messtechnische Herausforderung dar 0.
Für die Wasserreinigung (WR) besteht ein Bewilligungsbescheid (1992) 0 wo eine Summenformel für die maximal zulässigen Aktivitätskonzentrationen angeführt wird. Diese liegen teils unter den Richtwerten aus der Anlage 12 der AllgStrSchV, teils darüber.
Daraus folgend ist der Bedarf entstanden, die tatsächliche Exposition durch gas- und wasserförmige Ableitungen, der die Einzelpersonen der Bevölkerung ausgesetzt sind, zu berechnen um nachweisen zu können, dass diese den Grenzwert von 0,3 mSv pro Jahr nicht überschreitet.

2. Verwendete Software und Hypothesen

2.1 Ausbreitung in der Abluft

Software
Das verwendete Softwarepaket ist „AUSTAL2000“ 0. Dieses Paket wurde im Rahmen der TALuft (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) 0 entwickelt.
Das Programmsystem AUSTAL2000 berechnet die Ausbreitung von Schadstoffen und Geruchsstoffen in der Atmosphäre. Es ist eine Umsetzung des Anhang 3 der TALuft. Das dem Programm zu Grunde liegende Modell ist in der Richtlinie VDI 3945 Blatt 3 beschrieben. Es ist im Grunde genommen ein Ausbreitungsberechnungssoftwarepaket, das sich auch für unsere Ausbreitungsberechung eignet.
Weitere Details finden sich im Handbuch 0. Bei den Hypothesen wird weiter erklärt, welche Inputparameter wichtig sind und bei der Sensitivitätsanalyse wird nachgegangen, welchen Einfluss die unterschiedlichen Parameter auf das Endergebnis haben.

Hypothesen
Im Handbuch 0 werden eine Reihe an Inputparameter und einstellbaren Hypothesen aufgelistet. Hier werden nur die relevanten besprochen:

1. Quelle steht auf einem relativen Koordinat (0,0) und wird als Punktquelle betrachtet;
2. Kaminhöhe 35 m;
3. Die Maschenweite des Rechennetzes wird automatisch mit der Kaminhöhe gleichgestellt (35 m in diesem Fall);
4. Höhe des Monitorpunktes (wo die Konzentration berechnet wird) ist 1,5 m;
5. Abgaben werden als Gas simuliert, da der Staubanteil laut Staubmessungen sehr gering ist. Deswegen wird **nur die Konzentration berechnet und keine Deposition**;
6. Abgabesatz 100 kg/h, aleatorische Zahl
7. Koordinaten in UTM System, VA Kamin wurde auf u_x 612410 m und u_y 5314530 m gestellt (Bundesmeldenetz BMN)
8. Gebäude wurden nicht berücksichtigt. Das Rauhigkeitskataster wurde mit der AUSTAL2000 Software mitgeliefert (Ergebnis für Seibersdorf z_0=0,20 m)

2.2 Ausbreitung im Abwasser

Die Exposition wurde anhand der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (AVV) zu §47 der deutschen Strahlenschutzverordnung mithilfe von MS EXCEL ermittelt.

Das Modell berechnet 2 unterschiedliche Expositionspfade: die äußere Strahlenexposition („externe Dosis“) und die Dosis durch Inkorporation („interne Dosis“).
Da die Abwässer in den Leitha-Mühl Kanal geleitet werden, werden folgenden Annahmen gemacht:

- Allgemein: Inputdaten aus den Anlagen zur AVV
- Durchsatz Leitha Mühl Kanal 8 m³/s
- Abgabemenge WR 3,76 E+04 m³/a
- Kurzlebige Tochternukliden werden mit der Mutter berücksichtigt:
  - ^{90}Y mit ^{90}Sr
  - ^{137m}Ba mit ^{137}Cs
  - ^{226}Ra-Töchter bis einschließlich ^{214}Po (^{210}Pb 22,3 y HWZ)
  - ^{231}Th mit ^{235}U
  - ^{234}Th, ^{234m}Pa und ^{234}Pa mit ^{238}U
- Tideeinfluß null
- Äußere Strahlenexposition
  - Aufenthalt auf Ufersediment (Aufenthalt auf Überschwemmungsgebieten und Aufenthalt auf Spülfeldern werden nicht betrachtet)
  - Effektivdosisleistungskoeffizienten wurden aus der deutschen StrSchV 0 herangezogen. Diese Koeffizienten stammen aus der letzten ICRP.
- Innere Strahlenexposition
  - Süßwasserfischanteil 17% (Vorgabewert)
  - Jährliche Verzehrsmengen aus Tabelle 1, Anhang 5 der AVV, Faktoren in Spalte 8 (95%-Perzentil) werden berücksichtigt.
  - Der Säugling wird entweder voll gestillt, oder mit Milchfertigprodukten ernährt. In diesem Fall ist die Ernährung mittels Milchfertigprodukten konservativ.
  - Dosiskoeffizienten für innere Strahlenexposition wurden aus der deutschen StrSchV herangezogen. Diese Koeffizienten stammen aus ICRP 76.

Äußere Strahlenexposition (AVV Abschnitt 5.4)
In Abschnitt 5.4 der AVV [4] wird die Berechnungsweise für die äußere Strahlenexposition angegeben.

Es wird eine konstante jährliche Abgabe angenommen; nach 50 Jahren Sedimentationsdauer werden die Oberflächenkontamination und daraus die Dosisleistung berechnet. Der Aufenthaltsdauer am Ufersediment wird mit 1000 Stunden pro Jahr angenommen. Die Formel lautet (Formel 5.5 aus [4]):

$$O_r(t_{Se}) = \frac{\dot{M}_{Se} \cdot C_r^{Sch}}{\lambda_r}\left[1 - \exp(-\lambda_r \cdot t_{Se})\right] \qquad (1)$$

wobei $\dot{M}_{Se}$ die Flächenmasse der in der Zeiteinheit abgelagerten Sedimentschicht ist und C_{Schr} die Konzentration des Radionuklids in den sich ablagernden Schwebstoffen. t_{Se} ist die Sedimentationsdauer (50 Jahre) und λ_r ist die Zerfallskonstante des Radionuklids r.

Für Nuklide mit HWZ kleiner als 10 Jahre erreicht die Oberflächenkontamination $O_r(t_{Se})$ innerhalb dieser 50 Jahre ein Gleichgewicht.

Innere Strahlenexposition (AVV Abschnitt 5.5 - Ingestion)
Die innere Strahlenexposition durch Ingestion wird über die folgenden Expositionspfade berechnet:

- Trinkwasser
- Fleisch (Kontamination durch Viehtränke und Futter)
- Fisch
- Milch und Milchprodukte (Kontamination durch Viehtränke und Futter)
- Muttermilch (nur Altersgruppe „<1a“)
- Pflanzliche Produkte
- Blattgemüse

In der AVV werden die Formeln pro Organ oder pro Gewebe ausgedrückt, in dieser Berechnung wird immer die Ganzkörperdosis (Effektivdosis) mit den Effektivdosis-koeffizienten für Ingestion berechnet.

Inhalation wurde nicht berücksichtigt.

3. Ergebnisse

3.1 Ausbreitung in der Abluft

Es wurden nachstehenden Sensitivitätsanalysen durchgeführt (Tab. 1):

1. Szenario 1: Master-Szenario mit BE Bedingungen und stabiler Wetterlage:
    - Stabilitätsklasse nach Turner 4 (die 6 Turner Stabilitätsklassen sind: instabil - leicht instabil - neutral - leicht stabil - mäßig stabil - stark stabil)
    - Klug/Manier Klasse (KM) 3
    - Windgeschwindigkeit 0 kts (Windrichtung 300°)
    - Gas NO_x
    - Wärmestrom 0 MW
    - Austrittsgeschwindigkeit 0 m/s
2. Szenario 2: wie Szenario 1, Gas = SO_2
3. Szenario 3: wie Szenario 1, KM = 1
4. Szenario 4: wie Szenario 1, KM = 6

5. Szenario 5: wie Szenario 1, WG = 0 kts
6. Szenario 6: wie Szenario 1, WG = 20 kts
7. Szenario 7: wie Szenario 1, WG = 40 kts
8. Szenario 8: wie Szenario 1, Turner = 0
9. Szenario 9: wie Szenario 1, Turner = 9
10. Szenario 10: wie Szenario 1, Wärmestrom = 0,2 MW
11. Szenario 11: wie Szenario 1, Austrittsgeschwindigkeit = 8,33 m/s (entspricht dem Volumenstrom des Kamins über den Durchmesser)
12. Szenario 12: wie Szenario 1, Durchmesser der Quelle = 1,1 m (entspricht dem realen Durchmesser – Masterszenario wurde mit einer Punktquelle modelliert)

Schlussfolgerungen aus der Sensitivitätsanalyse:

- Die Art des Gases ist nicht von Bedeutung (NO_x oder SO_2).
- Die Turner Stabilitätsklasse wird durch die Software nicht verwendet.
- Mit zunehmender Unstabilität (Szenario 4, KM = 6) werden die Höchstkonzentrationen (HK) kleiner, der Aufpunkt kommt allerdings näher an der Quelle. Dieser Effekt lässt sich durch die wellenförmige Abgasfahne, die näher an der Quelle und stärker verdünnt auf den Boden trifft, erklären.
- Wenn die Windgeschwindigkeit sehr klein wird (Szenario 5, WG = 0 m/s), werden die HK-Unsicherheiten dementsprechend größer. Der Aufpunkt ist nicht zuverlässig zu berechnen.
- Bei höheren Windgeschwindigkeiten (Szenarien 6 und 7, WG = 20 bzw. 40 kts) verringern sich die HK-Werte wegen der höheren Verdünnung aufgrund der höheren Windgeschwindigkeiten.
- Ein Wärmestrom (Szenario 10) steigert die Überhöhung und reduziert die HK in geringen Maß. Der Wärmestrom von 0,2 MW entspricht der tatsächlichen Wärmeleistung des Ofens.
- Die Austrittsgeschwindigkeit (Szenario 11) macht keinen Unterschied, die zusätzliche Überhöhung ist bei der geringen Austrittsgeschwindigkeit vernachlässigbar.
- Der Durchmesser (Szenario 12) der Quelle macht keinen Unterschied, was im Vergleich zu den Entfernungen des Aufpunktes (mehrere hundert Meter) zu erwarten ist.

Das Masterszenario, das als konservatives Szenario anzusehen ist, liefert eine HK von 682,8 µg/m³, was einen Verdünnungsfaktor von 2 E-04 (errechnet aus 3 E+04 m³/h, 100 kg/h und 682,8 µg/m³ HK) ergibt. Eine Zusammenstellung der unterschiedlichen untersuchten Szenarien und der daraus resultierenden Ergebnisse findet sich in Tab. 1.

Tab. 1: Szenarien der Sensitivitätsanalyse

	Turner	KM	WG (kts)	Gas	Wärme-strom (MW)	Austritts-geschwindigkeit v_q (m/s)	Durch-messer Quelle d_q (m)	HK Unsicherheit	HK x-Ko-ordinat (m)	HK y-Ko-ordinat (m)	Höchst-konzen-tration HK (µg/m³)
Szenario 1 – Master	**4**	**3**	**7**	**NO_x**	**0**	**0**	**0**	**3,8%**	**438**	**-263**	**682,8**
Szenario 2	4	3	7	SO_2	0	0	0	3,8%	438	-263	682,8
Szenario 3	4	1	7	NO_x	0	0	0	3,8%	438	-263	682,8
Szenario 4	4	6	7	NO_x	0	0	0	4,5%	158	-88	452,7
Szenario 5	4	3	0	NO_x	0	0	0	10,6%	-18	543	512,5
Szenario 6	4	3	20	NO_x	0	0	0	3,8%	438	-263	238,3
Szenario 7	4	3	40	NO_x	0	0	0	3,9%	438	-263	118,7
Szenario 8	0	3	7	NO_x	0	0	0	3,8%	438	-263	682,8
Szenario 9	9	3	7	NO_x	0	0	0	3,8%	438	-263	682,8
Szenario 10	4	3	7	NO_x	0,2	0	0	5,3%	613	-403	409,3
Szenario 11	4	3	7	NO_x	0	8,33	0	3,8%	438	-263	682,8
Szenario 12	4	3	7	NO_x	0	0	1,1	3,8%	438	-263	682,8

Bei der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) wurden die für den Standort Seibersdorf relevanten meteorologischen Daten angefordert und in die Inputdatei der Austal2000 Software eingegeben. Es handelt sich hier um eine Häufigkeitsstatistik der folgenden Parameter:

- Windrichtung und Windgeschwindigkeit
- Stabilitätsklasse

Mit diesen meteorologischen Daten wurde die Masterdatei aus der Sensitivitätsanalyse (bis auf die Wetterdaten) durch die Software mit den in Tab. 2 dargestellten Ergebnissen durchgerechnet.

Tab. 2: Übersicht Rechenergebnisse mit realistischen Wetterdaten

	Wetter-stabilität Klug Manier	WG (kts)	Wärme-strom (MW)	Höchstkonzen-tration HK (µg/m³)	HK Unsicherheit	HK x-Koordinat (m)	HK y-Koordinat (m)	Abgabe (kg/h)
Master	3	7	0	682,8	3,8%	438	-263	100
realistische Wetterdaten	Variabel	Variabel	0	67,4	0,8%	263	-263	100

Kurz bedeuten diese Ergebnisse, daß aus den Berechnungen mit realistischen Wetterdaten ein Verdünnungsfaktor von 2 E-05 (gleiche Annahmen wie oben beim Masterszenario) vom Abgabepunkt bis zum Aufpunkt herauskommt. Diese HK wird in SO Richtung erreicht, was aufgrund des überwiegenden NW-Windes am Standort konsistent erscheint. Eine zweite Hauptwindrichtung ist SSO, was bei konstanter Abgabe einen weiteren Aufpunkt mit niedrigeren Aktivitätskonzentrationen in NNW Richtung ergibt. Eine graphische Darstellung der berechneten HK findet sich in Abbildung 1.

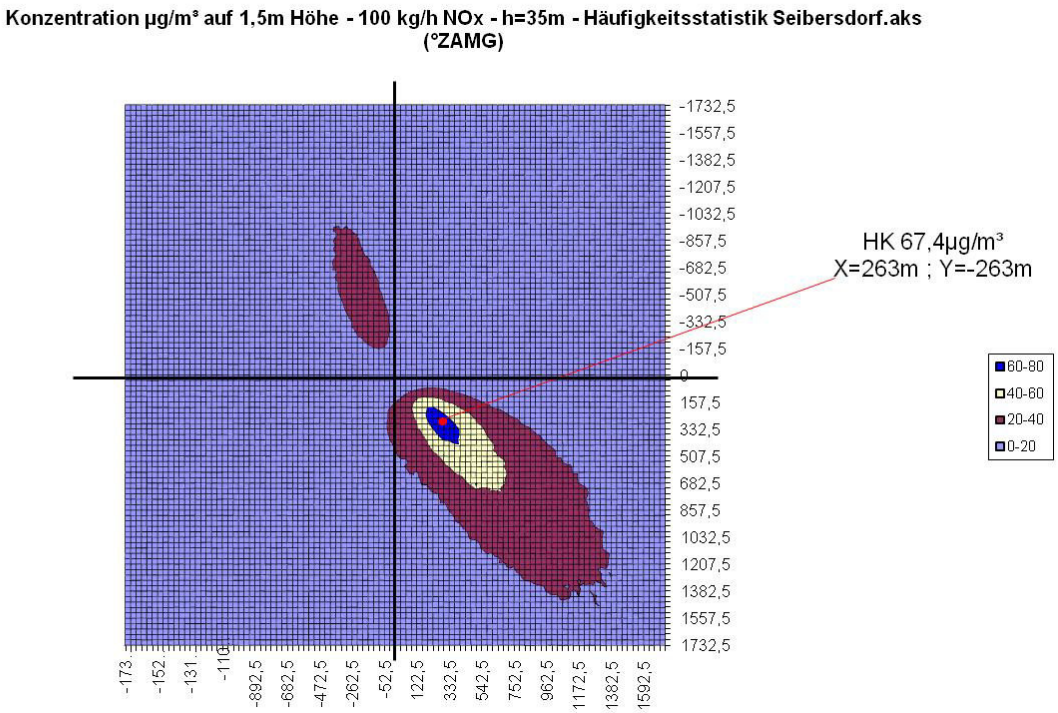


Abb. 1: Konzentration auf 1,5 m Höhe mit realistischen Wetterdaten

Der strahlenschutztechnische Einfluss dieser Berechnungen ist in der Sicherheitsanalyse der VA beschrieben. Aus Gründen der Vollständigkeit wird hier die Tabelle (Tab. 3) aus der Sicherheitsanalyse übernommen und wird vergleichshalber eine Spalte mit den Richtwerten aus der Anlage 12, Tabelle 1 der AllgStrSchV hinzugefügt.
Von der Seite der Immission kann der Dosisgrenzwert von 0,3 mSv/a für Einzelpersonen der Bevölkerung herangezogen werden. Unter folgenden Annahmen würde diese Dosis zu den Abgabegrenzwerten in Tab. 3 führen:

- Szenario: konservativ (siehe oben), also Verdünnung 2 E-04
- Aufenthaltszeit 8760 Stunden pro Jahr
- Dosiskoeffizient: höchster in seiner Kategorie (konservativ)
- Sicherheitsfaktor 10

Tab. 3: Zugelassenen Abluftaktivitätskonzentrationen für 0,3 mSv/a am Aufpunkt im Vergleich zu den Richtwerten aus der Anlage 12, Tabelle 1 der AllgStrSchV.

Nuklid	**Dosis-koeffizient (Sv/Bq)**	**Zugelassene Abluftaktivitäts-konzentration (Bq/m³) ohne Sicherheitsfaktor**	**Zugelassene Abluftaktivitäts-konzentration (Bq/m³) mit Sicherheitsfaktor**	**Richtwerte Anlage 12, Tabelle 1 der AllgStrSchV (Bq/m³)**
H-3	1,20E-09	6,97E+06	6,97E+05	1,00E+02
C-14	1,90E-08	4,40E+05	4,40E+04	6,00E+00
Co-60	9,20E-08	9,09E+04	9,09E+03	1,00E+00
Cs-137	1,10E-07	7,60E+04	7,60E+03	9,00E-01
Pu-239	2,00E-04	4,18E+01	4,18E+00	3,00E-04
Am-241	1,80E-04	4,64E+01	4,64E+00	4,00E-04

Für Nuklidgemische gilt der Punkt C in der Anlage 12 der AllgStrSchV 2006:
„…ist die Summe der Quotienten aus den vorhandenen Aktivitäten und den jeweiligen in Tabelle 1 festgelegten Werten zu bilden. Die Richtwerte werden eingehalten, wenn diese Summe den Wert 1 nicht überschreitet.“
Die mathematische Formel lautet:

$$\sum_i \frac{C_i}{R_i} \leq 1 \qquad (2)$$

wobei C_i die Konzentration (Bq/m³) und R_i den Richtwert (Bq/m³) darstellen.

Alle Berechnungen aus der Sensitivitätsanalyse, sowie auch jene mit den realistischen Wetterdaten, sind in einer Winrar-Datei 0 archiviert.

3.2 Ausbreitung im Abwasser

Das Modell berechnet 2 unterschiedliche Expositionspfade: die äußere Strahlen-exposition („externe Dosis“) und die interne Strahlenexposition („interne Dosis“).
Das Expositionsszenario in der WR ist für die externe Dosis die Ablagerung des Sedimentes im Leitha-Mühl Kanal am Ufer und für die interne Dosis die Ableitung des Abwassers in den Leitha-Mühl Kanal und die Aufnahme der Radioaktivität in der Nahrungskette.

Die tatsächliche Ableitungen (bezogen auf die I-Kanal Proben) der NES für das Jahr 2010 betragen 0:

Tab. 4: Aktivitäten und Aktivitätskonzentrationen Abwasser NES 2010

Alpha gesamt	8,61 MBq
Beta gesamt	52,8 MBq
^{3}H gesamt	7276 MBq
Abgelassenes Volumen	37591 m³
Alphakonzentration	0,23 Bq/l
Betakonzentration	1,4 Bq/l
^{3}H-Konzentration	194 Bq/l

Die während der Messverfahren als Nachweisgrenze gewonnenen Daten werden als Messwert angenommen (konservativ).

Für eine konservative Abschätzung der externen Dosis wird für die Betaaktivität ^{60}Co angenommen.

Für die Abschätzung der internen Dosis werden konservativerweise die Alphaaktivität mit ^{241}Am (ergibt auch einen kleinen Beitrag zur externen Dosis) und die Betaaktivität mit ^{137}Cs (ergibt für alle Altersgruppen außer Säuglinge eine konservative Dosisabschätzung) gleichgestellt. ^{241}Pu wird über den Standortvektor bestimmt: ^{241}Pu/α-tot = 2,63.

Die für die Dosisberechnung herangezogenen Aktivitätskonzentrationen sind somit:

Tab. 5: die herangezogenen Aktivitätskonzentrationen Abwasser NES 2010

^{3}H-Konzentration	194 Bq/l
Betakonzentration (^{137}Cs für interne, ^{60}Co für externe Exposition)	1,4 Bq/l
^{241}Pu-Konzentration	0,61 Bq/l
Alphakonzentration (^{241}Am)	0,23 Bq/l

Äußere Strahlenexposition (AVV Abschnitt 5.4)
Ein Beispiel von $O_r(t_{Se})$ für ^{60}Co ist in Abbildung 2 (logarithmische Zeitskala) abgebildet. Eine Abgabe von 1,4 Bq/l ^{60}Co (β-Gesamtaktivitätskonzentration WR 2010 0) und 3,76E+04 m³/a (Abgabe WR 2010 0) ergibt eine Oberflächenkontamination in Gleichgewicht von ca. 2,2 E+02 Bq/m² oder ca. 0,02 Bq/cm² am Ufer.

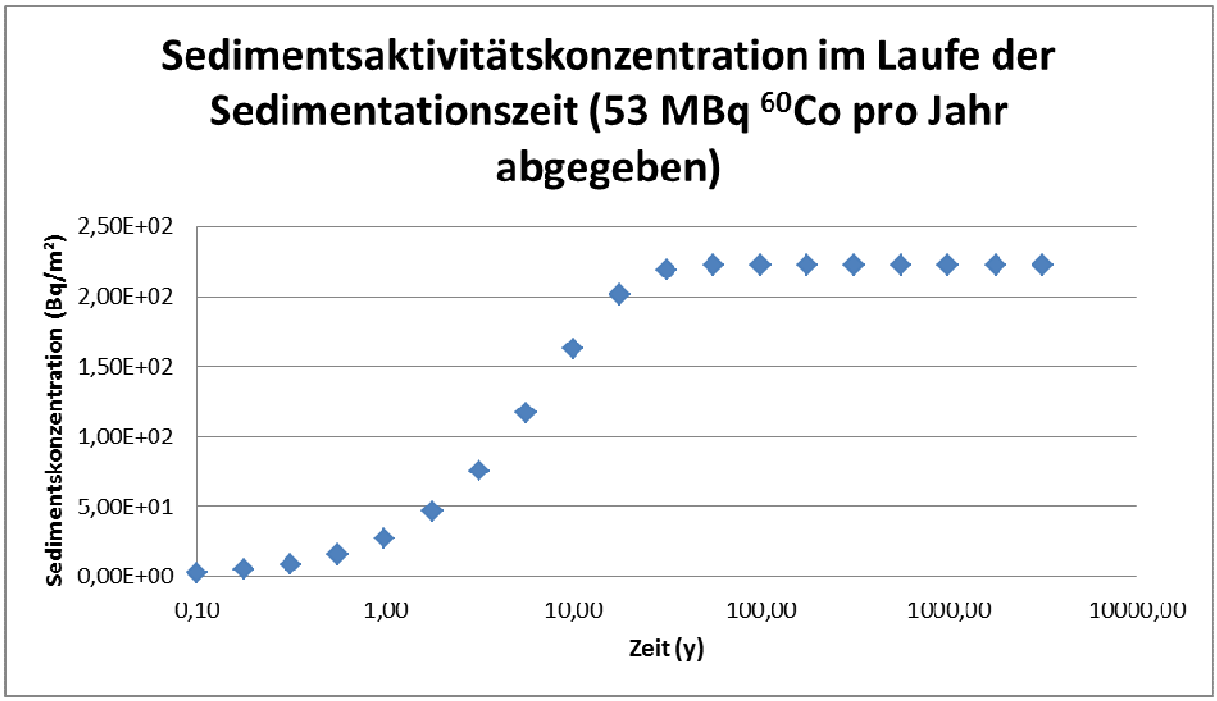


Abb. 2: Sedimentsaktivitätskonzentration (Bq/m²) im Laufe der Zeit, bei 53 MBq ^{60}Co abgegeben pro Jahr

Die Effektivdosisleistung ist nuklid- und altersabhängig. Die Dosisleistungskoeffizienten für Gamma-Bodenstrahlung [5] der hier betrachteten Radionuklide sind in Tab. 6 aufgelistet.

Tab. 6: Dosisleistungskoeffizienten für Gamma-Bodenstrahlung

	eff DL koeff für Bodenstrahlung ((Sv m²)/ (s Bq))		f_r (Anteil des Gamma-Energieemissions-spektrums des Radionuklids *r* oberhalb der Energie 0,2 MeV)
Co-60	2,20E-15		1
Am-241	2,30E-17	mit TN	0

Der Faktor f_r in Tab. 6 drückt den Anteil des Gamma-Energieemissionsspektrums des Radionuklids *r* oberhalb der Energie 0,2 MeV aus. Dieser Faktor hat seine Bedeutung in den Altersklassefaktoren (Berücksichtigung der Körpergeometrie).

Über die sogenannten Altersklassefaktoren wird die geringere Abschirmung durch die Körpergeometrie bei Jugendlichen berücksichtigt. Die Altersklassefaktoren für Gamma-Bodenstrahlung werden in 2 Gruppen ($c_{Geo,b1}$ und $c_{Geo,b2}$) aufgeteilt: unterhalb und oberhalb 0,2 MeV (Faktor f_r). Altersklassefaktoren 0 finden sich in Tab. 7.

Tab. 7: Altersklassefaktoren für Bodenstrahlung

	<1a	**1-2a**	**2-7a**	**7-12a**	**12-17a**	**>17a**
$c_{Geo,b1}$	1,6	1,5	1,3	1,2	1,1	1
$c_{Geo,b2}$	1,7	1,6	1,4	1,3	1,1	1

In Tab. 8 wird als Beispiel die Effektivdosis (Aufenthaltsdauer am Ufer 1000 Stunden pro Jahr) für Erwachsenen für die Bodenstrahlungsrelevante Nuklide ^{60}Co und ^{241}Am, jeweils mit den in 2010 abgegebenen Aktivitätskonzentrationen und 3,76 E+04 m³/a Abgabemenge, aufgelistet.

Tab. 8: Effektivdosis pro Jahr für Erwachsenen für 1000 Stunden pro Jahr Aufenthaltsdauer am Ufer

Nuklid	Bq/l Abwasser	Externe Dosis (µSv/a)
^{60}Co	1,4	3,52E-01
^{241}Am	0,23	3,81E-03
Total		3,56E-01

3.2 Innere Strahlenexposition (AVV Abschnitt 5.5 - Ingestion)

Es werden nachstehend beispielhaft die unterschiedlichen Expositionspfade der inneren Strahlenexposition für die Altersgruppe „>17a“ für ^{241}Am samt Ergebnisse aufgelistet.

Tab. 9: interne Dosis für die Allgemeinbevölkerung (^{241}Am, „>17a“), aufgelistet nach den unterschiedlichen Expositionspfaden, durch Ableitungen von Abwasser aus der NES (2010)

Expositionspfad	**Kontamination (Bq/kg)**	**Verzehrmenge pro Jahr (kg/a)**	**Dosis pro Jahr (µSv/a)**
Trinkwasser	3,45E-05	7,00E+02	4,83E-03
Fisch	8,65E-04	3,75E+01	6,48E-03
Milch und Milchprodukte (Kontamination durch Viehtränke und Futter)	Viehtränke: 5,19E-08 Futter: 2,58E-07 Gesamt: 3,10E-07	3,90E+02	2,42E-05
Fleisch (Kontamination durch Viehtränke und Futter)	Viehtränke: 5,19E-07 Futter: 2,58E-06 Gesamt: 3,10E-06	1,80E+02	1,12E-04
Muttermilch	-	-	-
Pflanzliche Produkte	8,66E-05	6,10E+02	1,06E-02
Blattgemüse	1,29E-04	3,90E+01	1,01E-03
Gesamt			2,30E-03

Für alle Expositionspfade, Radionuklide und Altersgruppen:

Tab. 10: Dosis für die Allgemeinbevölkerung durch Ableitungen von Abwasser aus der NES (2010)

Altersgruppe	Externe Dosis	Interne Dosis	Summe	
<1a	5,71E-01	6,26E-02	6,34E-01	µSv/a
1-2a	5,35E-01	8,78E-02	6,23E-01	µSv/a
2-7a	4,64E-01	7,78E-02	5,42E-01	µSv/a
7-12a	4,28E-01	1,05E-01	5,33E-01	µSv/a
12-17a	3,92E-01	1,42E-01	5,34E-01	µSv/a
>17a	3,56E-01	1,97E-01	5,53E-01	µSv/a

Die Berechnung wurde mittels MS Excel (2007) durchgeführt und ist in der Datei „Berechnung laut AVV zu § 47 der StrlSchV (°Deutschland) Rev.1.1.xls“ 0 abgespeichert. Ein Makro ermöglicht eine schnelle Berechnung für verschiedene Aktivitätskonzentrationen unterschiedlicher Nuklide.
In Tab. 11 ist eine Gegenüberstellung der zugelassen Abwasseraktivitätskonzentrationen, bei derer Einhaltung der Dosisgrenzwert von 0,3 mSv/a für Einzelpersonen der Bevölkerung nicht überschritten wird, und der Richtwerte aus der AllgStrSchV, Anlage 12, Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 11: Zugelassenen Abwasseraktivitätskonzentrationen für 0,3 mSv/a im Vergleich zu den Richtwerten aus der Anlage 12, Tabelle 1 der AllgStrSchV (Faktor 10 bei Abgaben < 1 E+05 m³/a berücksichtigt).

Nuklid	**Zugelassene Abwasseraktivitäts-konzentration (Bq/l)**	**Richtwerte Anlage 12, Tabelle 1 der AllgStrSchV (Bq/l)**
H-3	2,07E+07	1,00E+05
Co-60	7,37E+02	2,00E+02
Sr-90	3,89E+03	4,00E+01
Cs-137	1,49E+03	3,00E+02
Pu-239	1,15E+03	2,00E+00
Am-241	1,28E+03	2,00E+00

4. Literaturverzeichnis

[1] B. Wellens: Sicherheitsanalyse Verbrennungsanlage, 2008

[2] A. Vesely: Abgasaktivitätskonzentrationen VA, 2008

[3] Bewilligungsbescheid Wasserreinigung 1992, GZ. 375.004/83-III/11/92, 03.12.1992

[4] Austal2000 Software, Webseite www.austal2000.de

[5] Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (Deutsches Bundesministerium für Umwelt BMU)

[6] Austal2000 V 2.3.6 Handbuch, Ingenieurbüro Janicke

[7] Deutsche Strahlenschutzverordnung (StrSchV)

[8] Berechnungen Ausbreitungsberechnung VA.rar

[9] Sicherheitsbericht NES 2010

[10] MS EXCEL Datei „Berechnung laut AVV zu § 47 der StrlSchV (°Deutschland) Rev.1.1.xlsm“

ZWEIBARRIEREN-KONZEPT AN KONTROLLBEREICHSGRENZEN VON KERNANLAGEN

R. Ahlfänger, J. Hammer

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI), Brugg, Schweiz

Zusammenfassung
Vorfälle in Schweizer Kernanlagen haben vor einigen Jahren die Aufmerksamkeit der Aufsichtsbehörde auf die Gestaltung der Grenze zwischen Kontrollbereich und überwachtem Bereich gerichtet. Dabei hat sich insbesondere bei den Kernkraftwerken gezeigt, dass neben den vielfältigen bautechnischen Grenzen auch zahlreiche Systemgrenzen das Schutzziel eines sicheren Einschlusses radioaktiver Stoffe gewährleisten. In der Folge wurde von den Betreibern schweizerischer Kernkraftwerke unter Mitwirkung des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats ein Zweibarrieren-Konzept entwickelt, das zwischenzeitlich weitgehend umgesetzt wurde und heute als Stand der Technik beim Neubau von Gebäuden mit kontrollierten Zonen und Anlagenänderungen zur Anwendung kommt.
Im Vortrag werden anhand ausgewählter Vorkommnisse die Grundlagen für das Zweibarrieren-Konzept entwickelt und aktuelle Beispiele für seine nunmehr etablierte Anwendung gegeben. Ergänzend wird ein Entwurf des entsprechenden Regelwerkstextes, wie er derzeit für eine Novellierung der schweizerischen Strahlenschutzgesetzgebung vorgesehen ist, vorgestellt.

Summary
Past incidents in Swiss Nuclear Installations have drawn the national regulator's attention towards the configuration of the boundary between the area of supervision and the area of surveillance. As it turned out, especially in case of the Nuclear Power Plants there are numerous systemic boundaries safeguarding the inclusion of radioactive material in addition to structural boundaries of.
Accordingly, the oparators of the swiss nuclear power plants developed a two-barrier-concept [a concept encompassing two barriers] in cooperation with the Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate (ENSI) which in the mean time has been implemented to a large extent and which goes as the current state of technology when constructing new buildings with controlled areas and in the case of facility modification.
In this presetation the basics for the two-barrier-concept will be outlined with a selection of examples of incidents. Actual examples for the implementation are given. In addition a draft oft he legal framework as it is planned in the context of the amendment oft he swiss radiation protection legislation will be introduced.

Schlüsselwörter *Zweibarrieren-Konzept, Strahlenschutzverordnung*
Keywords Two-barrier-concept, radiation protection ordinance

1. Einleitung

Zu Beginn des 21. Jahrhunderts gab es in Schweizer Kernanlagen mehrere Vorkommnisse, bei denen radioaktive Stoffe aus der kontrollierten Zone auf dafür nicht vorgesehene Wegen in andere Bereiche gelangt sind. Die damalige Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), die Vorgängerorganisation des heutigen Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI), hat daraufhin die Betreiber von Kernanlagen aufgefordert, die Grenzen

ihrer kontrollierten Zonen bezüglich möglicher Abgabepfade für radioaktive Stoffe zu untersuchen. Die systematische Analyse des Zonenkonzepts wurde von den Betreibern freiwillig um die Überprüfung der Grenzen von Systemen mit radioaktiven Inhalten und inaktiven Systemen erweitert. Das ursprünglich in der ENSI-Richtlinie HSK-R07 festgelegte Zonenkonzept soll in die neue Fassung der Schweizer Strahlenschutzverordnung aufgenommen werden.

2. Beispiele für Abgaben

Aus der Werkstatt eines Kernkraftwerks, in der kontaminierte Komponenten bearbeitet werden, wurde in unregelmässigen Abständen über einen provisorisch installierten Schlauch Kondensat der Umluftkühlung in das Meteorwassernetz abgeleitet [1]. Der Strahlenschutz stellte bei einer routinemässig durchgeführten Kontrolle im Schlauch und in einem Siphon Kontaminationen fest. Die HSK hat dies als Vorkommnis bewertet, da das Kondensat der Umluftkühlung nicht auf dem nach den Betriebsvorschriften erlaubten Pfad abgegeben wurde. Die Aktivitätsabgabe an die Umgebung lag deutlich unterhalb der Grenzwerte. Dies wurde anhand von Registraturstreifen der Aktivitätsmessung im Rücklauf des Nebenkühlwassers, in das das Meteorwasser eingeleitet wird, nachgewiesen. Der Schlauch wurde umgehend entfernt.

Bei der Inbetriebnahme der neuen Harzabfüllstation in einem anderen Kernkraftwerk wurde der Harztank an das radioaktive Abgassystem angeschlossen [2]. Am gleichen Tag bemerkte ein Reaktoroperateur anlässlich des periodischen Rundganges im Nebengebäude einen starken Druckabfall im Gassystem. Abklärungen ergaben, dass über offene Armaturen eine geringe Menge Rückstandsgas in den Fassvorbereitungsraum und von da in die Umgebung ausgetreten war. Nach konservativer Berechnung entsprach die abgegebene Gasmenge lediglich ca. 0,01% der erlaubten Kurzzeitabgabelimite (KAL). Es bestand somit zu keinem Zeitpunkt eine Gefährdung der Umwelt. Als Massnahme wurden konstruktive Änderungen vorgenommen, damit eine unkontrollierte Gasfreisetzung in die Atmosphäre künftig verhindert werden kann.

An der Aussenseite der Kaltkondensatbehälter, die in der nicht kontrollierten Zone einer Kernanlage standen, wurde eine geringfügige Kontamination festgestellt [3]. Im Bereich der Be- und Entlüftungshauben war kontaminierte Schiebeluft aus den Behältern ausgetreten. Bei der Auswertung von Wischtests wurden die Isotope I-131, Co-60 und Cs-137 gefunden. Vor einigen Jahren wurde der Aufstellungsort der Behälter in die kontrollierte Zone integriert.

Durch eine Leckage im radioaktiven Abwassersystem einer Forschungsanlage erfolgte eine unkontrollierte Abgabe über einen nicht erlaubten Abgabepfad an die Aare [4]. Aus dem zum Abwassersystem gehörenden Rückhaltebecken «Wald» gelangte Wasser wegen eines unüblich hohen Füllstands über ein nicht verschlossenes Rohr in den Gebäudesumpf. Von dort floss das Wasser über die Kontrollkammer in die Aare. Es handelte sich hierbei um sehr schwach radioaktives Kühlwasser.

Nach konservativen Schätzungen des abgegebenen Wasservolumens und radioanalytischen Messungen des restlichen Wassers konnte nachgewiesen werden, dass die Abgabelimiten nicht überschritten wurden. Der quellenbezogene Dosisrichtwert ist 0,15 mSv/Jahr für radioaktive Abgaben gemäss Anlagen-Abgabereglement [5]. Aus den bilanzierten Abgaben radioaktiver Stoffe über die Fortluftanlagen und über das Abwassersystem der Anlage wurde im Jahr 2005 eine Dosis von 0,0045 mSv für eine Person am ungünstigsten Aufenthaltsort ausserhalb des überwachten Areals berechnet. Die unkontrollierte Abgabe von Wasser aus dem

Abwassersystem durch einen offenen Rohrstutzen führten zu einer berechneten Dosis von 1*10–8 mSv (0,00000001 mSv), was gegenüber den bilanzierten Abgaben einen zu vernachlässigenden Bruchteil darstellt.

Das Rohr war anlässlich eines Umbaus unbeachtet offen geblieben [4]. Die Anlage hat mit einer Vor-Ort-Überprüfung der technischen Anlagen des Abwassersystems reagiert und auf Verlangen der HSK die Aktualisierung der gesamten Dokumentation veranlasst. Das in den Gebäudesumpf führende Rohr wurde verschlossen, so dass die unkontrollierten Abgaben aus dem betroffenen Rückhaltebecken gestoppt sind.

3. Überprüfung des Zonenkonzeptes

Die HSK hatte die erste Kernanlage im November 2004 aufgefordert, die gesamte Anlage einer systematischen Analyse des radiologischen Zonenkonzeptes zu unterziehen. Nach und nach haben alle Schweizer Kernanlagen solche Analysen durchgeführt. Ursprünglich war nur eine Überprüfung der Durchdringungen an den Grenzen der kontrollierten Zone vorgesehen.

Bei den Durchdringungen in den Gebäuden hat sich folgende Vorgehensweise bewährt:

1. Suche und Identifikation von potentiellen Schwachstellen in einem Gebäude durch
   - Vorort-Begehungen in allen Räumen
   - Gespräche mit Systemverantwortlichen, Strahlenschützern usw.
2. Dokumentation:
   - Zu überprüfende Sachverhalte erhalten eine laufende Nummer
   - Eintrag dieser Sachverhalte in Grundrisse und Listen
3. Überprüfung und Analyse: Sachverhalte in Bezug auf das Zonenkonzept
4. Dokumentation: Eintrag der Ergebnisse der Überprüfung in Listen
5. Zusammenfassung der Listen in einem Bericht. Die Grundrisse sind integraler Bestandteil der Berichte

Die Listen und Berichte enthalten alle überprüften Sachverhalte, auch die zonenkonformen, für die Qualitätssicherung und spätere Fragestellungen.

Im Verlauf der Untersuchungen wurden die Analysen durch die Betreiber der Kernanlagen ausgeweitet auf die die Trennung aktiver und inaktiver Systeme, was sich als sehr aufwendig erwies. Bei den Betrachtungen von Systemen werden mögliche Übertritte aus Systemen mit aktiven Medien in inaktive Systeme gesucht. Die Anforderungen sehen vor, im Minimum zwei Barrieren zu haben. Als Barrieren gelten die Integrität der Komponente, Rückschlagarmaturen und zuverlässige Druckdifferenzen. Ergänzend werden kontinuierliche Aktivitätsüberwachungen, z.B. von Nebenkühlkreisläufen, einbezogen. Als Spezialfälle werden Entnahmeabgänge mit hinreichend kleiner Wahrscheinlichkeit für Fehlmanipulation, wie z.B. irrtümliches Einspeisen und die Aktivitäts-Überwachung des inaktiven Systems angesehen.

Das bevorzugte Vorgehen für die Überprüfung der Systemgrenzen erfolgt in folgenden Schritten:

1. Systematische Suche und Überprüfung der Schnittstellen, Erstellen einer Matrix der Form 2-Barrieren-Kriterium „erfüllt“ / „nicht erfüllt“.
2. Qualitätssicherung: Kontrolle der Vorgehensweise und Ergebnisse, Review.
3. Analyse: Bewertung der Matrix bzw. der „nicht-erfüllt“-Befunde, wenn nötig und möglich Beschluss von Korrekturmassnahmen.
4. Interne Präsentation der Ergebnisse

5. Externe Präsentation der Ergebnisse (ENSI)
6. Technischer Bericht

Zur langfristigen Sicherung der Einhaltung des Zonenkonzepts wurden von Betreibern Vorschriften erarbeitet, in denen die Anforderungen an die Aussengrenze der kontrollierten Zone, die Abgrenzung zwischen verschiedenen Zonenbereiche sowie die Barrieren zwischen inaktiven und potentiell radioaktiv kontaminierten Systemen festgelegt sind. Diese Anforderungen werden anlässlich von Änderungsanträgen beachtet sowie periodisch überprüft.

4. Umsetzung des Zonenkonzepts in der Strahlenschutzverordnung

In kontrollierten Zonen gibt es Systeme, die innen kontaminationsfrei sind und es auch bleiben sollen. Dabei handelt es sich vor allem um Lüftungssysteme, Meteorwasserleitungen, Druckluftleitungen, Kühlwasserleitungen und Heizungen. Zum Schutz dieser Systeme wurde der Kontaminationszonentyp 0 definiert. Zonentyp 0 bedeutet, dass in dem Bereich keine radioaktive Kontamination vorhanden sein darf.

Das Zonenkonzept einer Anlage soll in der Revision der Schweizer Strahlenschutzverordnung verankert werden. Es legt die Einteilung der Räume oder Teile von Räumen einer kontrollierten Zone in Kontaminations-Zonentypen fest. Die Einteilung erfolgt nach den tatsächlichen oder zu erwartenden Oberflächen- oder Luftkontaminationen. Sie dient zur Abgrenzung und Trennung der Örtlichkeiten unterschiedlicher Oberflächen- oder Luftkontaminationen. Ziele der Einteilung sind die Verhinderung von Personenkontaminationen, Inkorporationen und von Kontaminationsverschleppungen. Die Einteilung in Zonentypen ist folgendermassen geregelt:

Tab. 1: Richtwerte für Kontaminations-Zonentypen:

Zonentyp	Farbliche Kennzeichnung	Oberflächen-Kontamination, K_O [CS]	Luftkontamination, K_L [CA]
0	Weiss	< 1	0.05
I	Blau	< 1	< 0.1
II	Gelb	>=1 bis 10	< 0.1
III	Orange	>=10 bis 100	>= 0.1 bis 10
IV	Rot	>= 100	>= 10

5. Danksagung

Wir danken unseren Kollegen Dr. Roland Scheidegger und Michael Helth für die Unterstützung bei der Erstellung dieses Beitrags.

6. Literaturverzeichnis

[1] HSK Jahresbericht 2002 über die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz in den schweizerischen Kernanlagen, S. 33; http://static.ensi.ch/1312874935/jabe02d.pdf (besucht am 23.07.2013)

[2] HSK Jahresbericht 2003 über die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz in den schweizerischen Kernanlagen, S. 11; http://static.ensi.ch/1312871524/jabe03d.pdf (besucht am 23.07.2013)

[3] HSK Strahlenschutzbericht 2004, S. 10; http://static.ensi.ch/1312816034/strabe04d.pdf (besucht am 23.07.2013)

[4] HSK Aufsichtsbericht 2005, S. 85; http://static.ensi.ch/1312799042/aufsib05d.pdf (besucht am 23.07.2013)

[5] HSK Strahlenschutzbericht 2005, S. 14; http://static.ensi.ch/1314106794/strabe05d.pdf (besucht am 23.07.2013)

STRAHLENSCHUTZOPTIMIERUNG OHNE UND MIT RICHTWERTEN

B. Lorenz, M. Würtemberger

GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH, Essen, Deutschland

Zusammenfassung
Strahlenschutzoptimierung ist bekanntlich eine der drei Säulen des Strahlenschutzsystems, das die ICRP seit vielen Jahren propagiert und so ziemlich alle Staaten in ihre Gesetzgebung aufgenommen haben. Seit der Publikation 103 der ICRP treten nun in diesem Zusammenhang verstärkt so genannte Dosisrichtwerte (Dose Constraints) in der Diskussion auf und sorgen oft für Verwirrung. Eine Studie der NEA über die Verwendung von Dosisrichtwerten hatte 2011 die Situation in Europa untersucht und festgestellt, dass zwar Werte verwendet werden, aber meist nicht so, wie die ICRP dies beschreibt. Der Entwurf der neuen Euratom-BSS enthält nun ebenfalls die Forderung nach Dosisrichtwerten sowohl im betrieblichen Strahlenschutz als auch zum Schutz von Personen aus der Bevölkerung.
Brauchen wir die Dosisrichtwerte tatsächlich? Ist es wirklich wichtig, Ressourcen in die Verfolgung und Einhaltung von Zahlen zu investieren? Ist es nicht viel wichtiger, den Geist des ALARA-Konzeptes in die Praxis zu bringen? Wir meinen, Strahlenschutz lässt sich gänzlich ohne Richtwerte auch erfolgreich praktizieren, wie die Entwicklung der beruflichen Strahlenexposition zeigt, übrigens weltweit. Vor allem darf die Strahlenschutzoptimierung nicht auf das bürokratische Festlegen von Dosisrichtwerten, verkürzt werden; sie geht sehr viel weiter.
Richtwerte können aber trotzdem nützlich sein, z. B. als Benchmark für „guten" Strahlenschutz, aber immer unter Berücksichtigung der Umstände des Einzelfalls. Die Autoren zeigen anhand ihrer betrieblichen Praxis auf, wie man mit Richtwerten vernünftig umgehen kann, ohne dass diese zu neuen Grenzwerten werden.

Summary
Optimization of radiation protection is one of the well- known three pillars of the ICRP System of Radiation Protection and is part of the regulations in nearly all countries. Since ICRP Publication 103 in this context dose constraints are part of many discussions and often lead to confusion. A study of NEA 2011 about the use of dose constraints investigated the situation in Europe and revealed that values for doses are used but seldom in the sense of the ICRP. The draft of the new Euratom-BSS requires also dose constraints for occupational protection as well as for the protection of the public.
Do we really need these Dose Constraints? Is it really important to invest resources into the definition of and compliance with figures? Is it not more important to bring the spirit of ALARA into practice? We believe, radiation protection can be done completely without dose constraints and nevertheless successfully. This is demonstrated by the development of occupational exposure worldwide. Especially, radiation protection optimization shall not be restricted to the establishment of dose constraints; it is much more.
However, constraints in the sense of guide values can be useful e.g. as benchmark for "good" radiation protection, but always taken into account the individual circumstances. The authors demonstrate by explaining their operational practice how to use dose constraints reasonable without creating new limits.

Schlüsselwörter *Dosisrichtwerte, Optimierung*
Keywords *dose constraints, optimization*

1. Einleitung

Strahlenschutz basiert seit vielen Jahren auf dem ICRP-Konzept, bei dem die Strahlenschutzoptimierung eine große Rolle spielt. In der jüngsten Grundsatzempfehlung ICRP 103 [1] ist nun in diesem Zusammenhang so genannten Dosisrichtwerten (Dose Constraints) eine besondere Aufmerksamkeit und Bedeutung zugewiesen worden. Die IAEA-Basic Safety Standards [2] haben das ziemlich kritiklos übernommen und verbal noch verschärft durch Aufnahme einer Forderung, wonach man optimiert sein muss (!). Nun beschreiten die Euratom-BSS [3] einen ähnlichen Weg.

Der Strahlenschutz ist aber bisher sehr gut ohne die Dosisrichtwerte der ICRP-103-Prägung ausgekommen. In den noch geltenden Euratom Grundnormen, der Direktive 96/29 [4], ist die Festlegung von Dosisrichtwerten eine Kann-Bestimmung (*Artikel 7: „Dose constraints should be used, where appropriate, within the context of optimization of radiological protection.“*). Man beachte „should“ und „where appropriate“ in einem Satz. In Deutschland meinte man bei der Umsetzung der Direktive in der Strahlenschutzverordnung auf den Begriff der Dosisrichtwerte gänzlich verzichten zu können. Das war sehr weise. Nun wird sich das Bild aber sehr wahrscheinlich ändern, denn es wird in den neuen Grundnormen eine Muss-Bestimmung zu den Dosisrichtwerten geben, wobei das Zauberwort „as appropriate“ hoffentlich noch Spielraum offen lässt.

2. Ursprung und Ziel der Dosisrichtwerte

Der frühere ICRP-Vorsitzende Roger Clarke schlug seinerzeit vor, die Grenzwerte im Strahlenschutz abzuschaffen und stattdessen so genannte Dosisrichtwerte (Dose Constraints) einzuführen. Das fand keine Zustimmung in der Strahlenschutz-Community. Die Idee ging davon aus, dass, schon damals, die realen Dosen weit unter den Grenzwerten lagen und man daraus folgerte, dass man die Grenzwerte nicht mehr bräuchte. Das war allerdings ein Trugschluss. Die Grenzwerte werden auch heute noch benutzt, um nützliche Größen wie die maximale Tages- oder Wochendosis für den praktischen Strahlenschutz abzuleiten. Nur sind dies keine Dosisrichtwerte im Sinne der ICRP 103.

Was aber ist der Sinn der Dosisrichtwerte?

ICRP 103 verweist auf drei Ziele:

Man will verhindern, dass die Summe von mehreren Einzelexpositionen zur Grenzwertüberschreitung führt.
Man will als ungerecht empfundene hohe Einzelexpositionen verhindern.
Man will (vermeintlich) nicht optimierte Lösungen ausschließen.

Ziel 1*: In der Strahlenschutzverordnung [5] befindet sich schon seit langer Zeit die Bestimmung, dass bei Errichtung einer Anlage, die radioaktive Stoffe ableitet, zum einen diese Ableitungen einen Dosisgrenzwert von 0,3 mSv/a einhalten müssen (Luft- und Wasserpfad jeweils) und zum anderen die radiologische Vorbelastung am Standort ermittelt und beachtet werden muss. Im Extremfall hat der, der spät kommt, wenig Zusatzdosis zur Verfügung. In der Praxis ist das jedoch zu vernachlässigen, da alle Abgaben radioaktiver Stoffe in der Realität weit unter genehmigten Werten liegen und die genehmigten Werte allein schon deutlich unter den Grenzwerten sind. Durch die Beachtung der radiologischen Vorbelastung ist sichergestellt, dass es zu keiner Grenzwertüberschreitung für Personen aus der Bevölkerung am*

Standort kommen kann. Hinzu kommt, dass in Deutschland die Berechnungsmethode sehr konservativ ist, die realen Expositionen deutlich unter den berechneten liegen werden. Man sieht also, es bedarf keines Dosisrichtwertes, um zu verhindern, dass bei Superposition verschiedener Quellen der Grenzwert überschritten sein könnte.

Dass ist bei sehr geringen zu erwartenden Expositionen wie der Exposition durch Konsumgüter, die radioaktive Stoffe enthaltenen, anerkannt: die IAEA-BSS sehen keine Dosisrichtwerte für Konsumgüter vor, was ausgesprochen vernünftig ist.

Schließlich, und das stellt die ICRP selbst fest, ist in der Regel eine Quelle für die Exposition entscheidend. Das Szenarium, dass durch eine Vielzahl von Quellen die Exposition „aus dem Ruder" laufen könnte, existiert praktisch nicht.

Der deutsche Grenzwert von 0,3 mSv/a für Ableitungen würde dem ICRP-Dose-Constraint allerdings durchaus entsprechen. Es gibt auch keinen Zweifel daran, dass Ableitungen radioaktiver Stoffe kontrolliert werden müssen und man hierfür auch Dosisrichtwerte sinnvollerweise verwenden kann. In Deutschland werden Ableitungen über einen Grenzwert geregelt. Grenzwerte dürfen nicht überschritten werden. Ansonsten setzen Sanktionen ein. Das ist eine klare Vorgabe für Betreiber und Behörden, die sich auch problemlos durchsetzen lässt. Dose Constraints sollen nach Aussage der ICRP nicht zu Sanktionen führen und nicht einmal retrospektiv betrachtet werden. Nun, das ist weltfremd gedacht. Wenn einmal ein Richtwert gesetzt und nicht eingehalten ist, dann wird jede verantwortungsvoll handelnde Behörde nachfragen, warum nicht. Und der Betreiber übrigens auch. Also: Dosisrichtwerte wie bei ICRP vorgesehen nur prospektiv anzuwenden, ist eine reine Wunschvorstellung, auch wenn das die Definition in der Direktive 96/29 so besagt (*Dose constraint*: *a restriction on the prospective doses to individuals which may result from a defined source, for use at the planning stage in radiation protection whenever optimization is involved.)*.

Ziel 2: Warum ist eine hohe Einzelexposition ungerecht? Sind denn nicht die Grenzwerte so gesetzt worden, dass der bei Ausschöpfung vermutete Gesundheitsschaden akzeptabel bleibt? (Die Frage, ob überhaupt in dem Dosisbereich ein Schaden auftritt, sparen wir hier einmal aus. Sie allein würde auf eine Fundamentalauseinandersetzung mit der LNT-Hypothese hinauslaufen, für die hier nicht genug Raum ist.) In der Tat war das der Ansatz, dass nämlich die Grenzwertsetzung nicht die Schwelle zwischen gefährlich und ungefährlich definiert, sondern die Schwelle von akzeptabel zu inakzeptabel. Wenn bisher die Grenze akzeptabel-nicht akzeptabel durch die Strahlenschutzgrenzwerte gesetzt war, wird diese Grenze durch Einführung von Dosisrichtwerten jetzt heruntergedrückt. Man kann sich fragen, was besser oder schlechter ist: eine Grenzwertsenkung oder die Einführung von Dosisrichtwerten. Im Zweifelsfall sind die Dosisrichtwerte vermutlich die weniger einschneidende Maßnahme, wenn sie denn mit Augenmaß umgesetzt wird.

Wenn nun hohe Einzeldosen vermieden werden sollen, schränkt das die Lösungen für die Strahlenschutzoptimierung ein. Theoretisch kann das auch zur Erhöhung der Kollektivdosis führen. Ein einfaches Beispiel: wenn z. B. anstelle eines hochspezialisierten Technikers, der Arbeiten im Strahlungsfeld schnell ausführen kann, diese nun durch weniger spezialisierte Personen ausgeführt werden, die aber länger brauchen, wird sich die Gesamtdosis erhöhen, vielleicht sogar die Gefahr außergewöhnlicher Ereignisse durch weniger geübte Personen.

Wie sich Dosisrichtwerte auf die Optimierung grundsätzlich negativ auswirken können, zeigt die folgende schematische Abbildung. Der Dosisrichtwert ist ein Wert unterhalb der Grenz-

werte (grüne Linie). Das Ergebnis der Optimierung gemäß ALARA soll die blaue Linie symbolisieren. Das Ergebnis ist zeitabhängig und das Auf und Ab symbolisiert den Umstand, dass nach Durchlaufen des Optimierungsprozesses nicht zwangsläufig eine geringere Dosis als vorher resultiert. Der Verlauf der Optimierungskurve oberhalb der grünen Linie wird durch die Setzung des Dosisrichtwertes von vornherein ausgenommen. Damit ist die Lösung per Definition nicht mehr optimiert sondern unter dem Dosisrichtwert minimiert. Es ist ein häufig zu beobachtendes Phänomen, dass viele glauben, Optimierung muss zu geringeren Dosen führen. Optimierung ist aber nicht mit Minimierung gleichzusetzen.

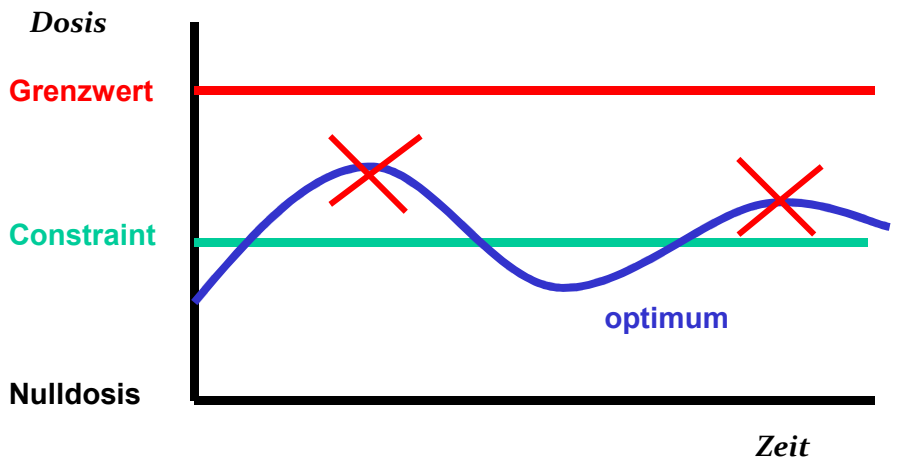


Abb. 1: Ausschluss von Optimierungslösungen durch Dosisrichtwerte

Ziel 3: Nicht optimierte Lösungen vermeiden: was soll das sein? Wer sagt, was optimiert ist, wenn der Optimierungsprozess noch gar nicht durchlaufen ist? An dieser Stelle basiert das ICRP-Konzept auf Willkür, Meinungen, vielleicht sogar politischen Erwägungen. Das ist nicht wissenschaftlich und nicht logisch. Man könnte verstehen, dass, wenn der Optimierungsprozess beendet ist, ein Dosiswert herauskommt, den es dann anzustreben gilt. So war das in den Geburtsstunden des ICRP-Konzeptes und das war überzeugend. Aber davon ist die ICRP nun abgerückt. Erst soll der Dosisrichtwert festgelegt werden und danach soll die Exposition weiter durch Optimierung reduziert werden. Wie soll man das verstehen? Woher kommt denn dann der Dosisrichtwert? Aus der „guten Strahlenschutzpraxis“ heißt es. Aber was ist das? Wenn die ICRP eine Maxime entwickelt hätte, etwa nach dem „best practice“ Modell, da könnte man sehr wohl mitgehen. Aber die willkürliche Vorgabe von Richtwerten, das kann nicht im Sinne eines guten Strahlenschutzes sein. Auch ergänzende Veröffentlichungen der ICRP geben hier kein klares, verstehbares Bild. Stellvertretend hierfür sei die ICRP 101 [6] herangezogen. In ihr ist das Optimierungsprinzip näher beschrieben. Das Dokument kommt fast vollständig ohne Dosisrichtwerte aus.

3. Dosisrichtwerte in den Euratom-BSS

Im letzten Entwurf des Rates [3] finden sich zu dem Thema Dosisrichtwerte folgende Aussagen. Zunächst die generelle Einleitung (Artikel 7):

"Member States shall ensure that, where appropriate, dose constraints are established for the purpose of prospective optimisation of protection"

Immerhin bleibt das "as appropriate", was sehr wichtig ist, denn insbesondere bei ohnehin schon kleinen Expositionen wäre der Aufwand zur Ermittlung und Verfolgung von Richtwerten unangemessen.

Für die berufliche Exposition ist folgendes festgelegt:
"for occupational exposure, the dose constraint shall be established as an operational tool for optimisation by the undertaking under the general supervision of the competent authority. In the case of outside workers the dose constraint shall be established in cooperation between the employer and the undertaking."
Hieraus ergeben sich einige Fragen. Soll es einen Richtwert für alles oder viele Richtwerte für diverse unterschiedliche Arbeiten unter Strahlungseinwirkung geben? Laut ICRP ist für jede Quelle einer Exposition ein Dose Constraint denkbar. Aber macht das wirklich Sinn? Wir meinen nein.

Unter der Überwachung der Behörden: hier wird die retrospektive Wirkung von Richtwerten offenbar, auch wenn nach wie vor die Definition etwas anderes aussagt („*Dose constraint means a constraint set as a prospective upper bound of an individual dose, used to define the range of options considered in the process of optimisation for a given radiation source in a planned exposure situation"*).

Exposition von Personen aus der Bevölkerung:
„for public exposure, the dose constraint shall be set for the individual dose that members of the public receive from the planned operation of a specified radiation source. The competent authority shall ensure that the constraints are consistent with the dose limit for the sum of doses to the same individual from all authorised practices."
Hier ist ebenso wie bei der beruflichen Exposition die Frage, wie viele Dosisrichtwerte es den geben soll/wird. Wie bereits erwähnt ist das nicht strittig bei Ableitungen radioaktiver Stoffe. Aber schon bei der Direktstrahlung kann man ins Straucheln kommen. Muss jede Röntgeneinrichtung und davon gibt es Tausende, eine speziellen Dosisrichtwert bekommen? Was macht es für einen Sinn, die sicher schon jetzt stark belasteten Radiologen nun mit der Frage eines Dosisrichtwertes für Personen aus der Bevölkerung zu belasten? Ist es nicht viel wichtiger, die Aufmerksamkeit der Mediziner auf den Patientenstrahlenschutz zu lenken? Man könnte diese Fragenliste noch viel weiter spannen, z. B. auf den Umgang mit Strahlenquellen. Müssen Strahlenschranken, Dickenmessgeräte, Prüfquellen etc. jetzt alle einen Dosisrichtwert bekommen?

Bemerkenswert ist übrigens noch folgende Festlegung:
"Dose constraints shall be established in terms of individual effective or equivalent doses over a defined appropriate time period."
Hier deutet sich ein neues Verständnis der Strahlenschutzphilosophie an: die Unterscheidung von deterministischen Strahlenwirkungen, die einen Schwellenwert haben, und stochastischen Strahlenwirkungen, die bei jeder Strahlungseinwirkung eintreten, schwindet. Jetzt soll es also auch Dosisrichtwerte für Organdosen geben, d.h. es reicht nicht mehr aus, dass diese unter den ja bereits mit Sicherheitsmargen aus den Schwellenwerten abgeleiteten Grenzwerten bleiben. Es ist wirklich zweifelhaft, dass das richtig ist und es ist zu fragen, ob sich die Autoren der Direktive dessen überhaupt bewusst sind, was da an neuen Betätigungsfelder auf

uns alle zukommt. Es ist z. B. nicht automatisch die Optimierung der Organdosen gegeben, wenn die effektive Dosis optimiert ist. Das sehen wir gerade am Beispiel der Augenlinse.

4. Strahlenschutz ohne Richtwerte

Man braucht sie nicht, diese Richtwerte, um das ALARA-Prinzip umzusetzen. Das hat die Praxis der letzten Jahrzehnte gezeigt, sehr deutlich übrigens. Schauen wir uns die Entwicklung der Expositionen an. UNSCEAR ist hierfür die überzeugendste Quelle [7].

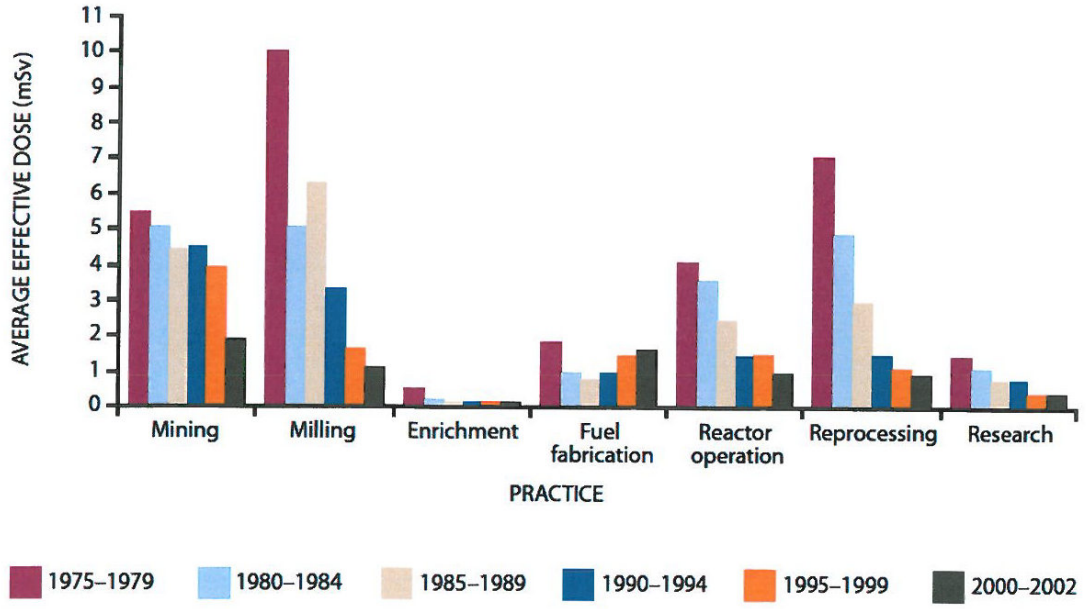


Abb. 2: Entwicklung der Strahlenexposition in verschiedenen kerntechnischen Bereichen

Der jüngste vorliegende Bericht zeigt eine eindeutige Tendenz sinkender Expositionen. Was will man mehr? Genau das war das Ziel des ALARA-Prinzips der ICRP. Und man sieht, es wirkt. Es ist unangemessen und unnötig, nun neue Methoden wie die Dosisrichtwerte zu propagieren, deren Ziel nichts anderes sein kann als die Realisierung des ALARA-Konzeptes, wenn das Ziel schon erreicht ist.

Für Deutschland ist die Situation noch besser. 2011 wurden die niedrigsten beruflichen Expositionen registriert. Hierzu ein Zitat aus dem Bericht des BfS zur Strahlenexposition [8]:

„2011 wurden ca. 350.000 Personen an Arbeitsplatzen mit Dosimetern überwacht. Die Anzahl der Überwachten stieg in den letzten fünf Jahren kontinuierlich um insgesamt 10 % an. Nur 19 % von diesen überwachten Personen erhielten 2011 eine messbare Ganzkörperdosis. Der Jahresmittelwert für diese exponierten Personen lag 2011 bei 0,58 mSv und betrug damit 3 % des Grenzwerts der Jahresdosis (20 mSv). Dies ist der niedrigste Wert seit Beginn der beruflichen Strahlenschutzüberwachung und liegt nochmals 12 % niedriger als im Vorjahr.“

Wie man in Unternehmen, die mit radioaktiven Stoffen umgehen, einen vernünftigen Umgang mit Dosisrichtwerten praktizieren kann, zeigt das Beispiel der GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH. Vor vielen Jahren wurde hier ein betrieblicher Richtwert von 10 mSv/a für die individuelle Strahlenexposition aller beruflich exponierten Beschäftigten festgelegt. Dieser Wert ergab sich aus langjährigen Erfahrungen, wonach eine höhere Exposition nicht auftrat.

Er wurde im Managementhandbuch entsprechend festgelegt. Diese Festlegung, verbunden mit einer Erläuterung auf Strahlenschutzschulungen hat dazu geführt, das Bewusstsein der Belegschaft für das ALARA-Prinzip zu schärfen. Die Folgepraxis hat gezeigt, dass man damit sinnvoll umgehen kann. Die Einhaltung des Richtwertes wird von einer Stabsabteilung überwacht. In einigen wenigen Fällen wurde von der betroffenen Fachabteilung ein Antrag auf Abweichung vom Richtwert gestellt und entsprechend begründet. Es hatte sich ergeben, dass zur Verarbeitung radioaktive Abfälle mit deutlich höherer spezifischer Aktivität als üblich anstanden und die getroffenen Zusatzmaßnahmen voraussichtlich nicht ausreichen würden, um den Richtwert einzuhalten. In diesem Fall bestand der Konflikt darin, dass die originäre Aufgabe der GNS, nämlich Dienstleister für die Behandlung radioaktiver Abfälle ihrer Kunden zu sein, mit dem Anspruch an den Schutz ihrer Mitarbeiter zunächst scheinbar nicht in Einklang zu bringen war. Die Beteiligten hatten sich mit dem Thema auseinandergesetzt, die vorhandenen Möglichkeiten abgeschätzt und letztendlich eine einvernehmliche und angemessene Lösung gefunden. Der Richtwert wurde dabei nicht als Dogma behandelt. Unter den Umständen wurde innerhalb der GNS unter Beteiligung des Strahlenschutzberaters der Überschreitung des Richtwertes zugestimmt. Die GNS kam ihrer Aufgabe als Dienstleister für das Abfallmanagement nach und die eingesetzten Mittel zur Dosisbegrenzung waren verhältnismäßig. Schließlich hat sich, das sei noch erwähnt, später ergeben, dass der Richtwert doch noch eingehalten wurde. Mittlerweile wurde das Thema hoher spezifischer Aktivitäten des zu verarbeitenden Abfalls auch mit den Abfalllieferern erörtert und man hat sich hier gegenseitig angenähert, so dass eine Wiederholung des Vorgangs in der Zukunft wahrscheinlich nicht mehr auftritt.

5. Fazit

Dosisrichtwerte im Sinne der ICRP sind für einen effektiven und erfolgreichen Strahlenschutz nicht erforderlich, jedoch scheint ihre Verankerung im Regelwerk des Strahlenschutzes in Europa so gut wie sicher zu sein. Deshalb müssen sich alle Beteiligten mit diesem Thema befassen und es sinnvoll interpretieren.

Es ist fraglich, ob das Wunderwort „as appropriate“ hier wirklich greifen wird. Deshalb, und das ist zu befürchten, droht eine Welle der Bürokratie, wenn man denn tatsächlich auf der Ausformung der Dosisrichtwerte und das auch noch in großer Zahl bestehen sollte. In einem Land wie Deutschland, das traditionell ein sehr hohes Rechtsbewusstsein hat und der deutsche Sinn für Recht und Ordnung geradezu sprichwörtlich ist, ist die Gefahr einer Bürokratisierung des Strahlenschutzes mittels Dosisrichtwerten nicht auszuschließen. Dem Strahlenschutz ist aber nicht damit gedient, an der Unterschreitung von willkürlich festgelegten Zahlen gemessen zu werden. Deshalb von dieser Stelle ein Appell an alle Entscheidungsträger und Vollzieher des Strahlenschutzrechtes, hier mit Bedacht vorzugehen und das „as appropriate“ klug zu nutzen.

Was viel wichtiger ist als die formale Einhaltung von Richtwerten ist die Implementierung des ALARA-Gedankens in das tägliche Handeln der Strahlenschützer, aber auch der beruflich strahlenexponierten Personen.

6. Literaturverzeichnis

[1] ICRP Publication 103, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Ann. ICRP 37 (2-4), 2007

[2] Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, GSR Part 3 (Interim), Vienna 2011

[3] Proposal for a Council Directive laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation; 8682/2/13 REV 2, Brussels, 24 May 2013

[4] Council Directive 96/29/Euratom of 13 May 1996 laying down basic safety standards for the protection of the health of workers and the general public against the dangers arising from ionising radiation

[5] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) vom 20. Juli 2001, (BGBl. I S. 1714, ber. BGBl 2002 I S. 1459) (FNA 751-1-8, zuletzt geändert durch G zur Neuordnung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallrechts vom vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212, 249)

[6] ICRP Publication 101b, The Optimisation of Radiological Protection - Broadening the Process, Ann. ICRP 36 (3), 2006

[7] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly, with scientific annexes Volume I: Report to the General Assembly, Scientific Annexes A and B

[8] BfS-SG-19/13, Frasch, G.; Kammerer, L.; Karofsky, R.; Mordek,E.; Schlosser, A.; Spiesl, J. Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2011, Bericht des Strahlenschutzregisters, Salzgitter, April 2013

Themenblock
Radon & NORM

UMSETZUNG DER NEUEN INTERNATIONALEN NORMEN ZUM RADONSCHUTZ IM WOHNBEREICH IN DER SCHWEIZ

M. Palacios-Gruson, F. Barazza, C. Murith, S. Ryf

Abteilung Strahlenschutz, Bundesamt für Gesundheit (BAG), Bern, Schweiz

Zusammenfassung
Im Rahmen der aktuellen Revision der Strahlenschutzverordnung soll eine Anpassung der schweizerischen Gesetzgebung an die neuen Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission sowie der Europäischen Union erfolgen. Die Exposition durch Radon ist als „bestehende Situation" anzusehen und soll dementsprechend mit einem Referenzwert von maximal 300 Becquerel pro Kubikmeter (Bq/m^3) in Wohnräumen unter Anwendung des Optimierungsprinzips geregelt werden. Die Umsetzung dieser internationalen Empfehlungen stellt die Schweiz vor neue Herausforderungen, da die Radongaskonzentration von 300 Bq/m^3 bei mehr als 10 Prozent der in der ganzen Schweiz bereits gemessenen Wohnhäuser überschritten wird. Die neue Strategie bedingt die Erarbeitung effizienter Massnahmen, die das Gesundheitsrisiko durch Radon zu gesellschaftlich tragbaren Kosten reduzieren. Die Optimierung der Radongaskonzentration in Neubauten sowie die Radonsanierung von bestehenden Gebäuden in Fällen, wo es sinnvoll und verhältnismässig ist, stehen deshalb im Vordergrund.

Summary
In the scope of the current revision of the ordinance on radiation protection it is intended to adapt the Swiss legislation to the new recommendations of the International Commission on Radiation Protection and the European Union. The exposition to radon has to be regarded as "existing situation" and should therefore be regulated adopting an upper reference level of 300 Becquerel per cubic meter (Bq/m^3) in dwellings respecting the principle of optimization. The implementation of the new international recommendations gives rise to new challenges for Switzerland, since a radon concentration of 300 Bq/m^3 is exceeded in more than 10% of already measured dwellings all over the country. The new strategy requires the development of efficient measures to reduce the health hazard of radon to socially acceptable costs. The optimization of the radon concentrations in new dwellings and radon mitigations in existing dwellings where it is appropriate and reasonable are therefore of great importance.

Schlüsselwörter *Radon, Strahlenschutzverordnung, Revision, Optimierung, Wohnbereich*
Keywords *Radon, Ordinance on radiation protection, Revision, Optimization, Dwellings*

1. Einleitung

Mit dem nationalen Radonaktionsplan 2012–2020 [1] soll eine Anpassung der schweizerischen Strategie an die neuen internationalen Normen, insbesondere an die Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) sowie an die Sicherheitsnormen der Europäische Union erfolgen. Die Umsetzung dieser neuen Strategie bedingt eine Revision der Strahlenschutzverordnung (StSV) vom 22. Juni 1994 [2], welche das Bundesamt für Gesundheit (BAG), in Zusammenarbeit mit den betroffenen Kreisen, bereits eingeleitet hat.

2. Neue internationale Empfehlungen

Radon in Gebäuden ist nach ICRP–Publikation 103 von 2007 [3] eine „bestehende Expositionssituation“, die mithilfe von Referenzwerten geregelt werden muss. Eine Überschreitung der Referenzwerte gilt als „unangemessen“ und bedingt Optimierungsmassnahmen. Aufgrund der neuen epidemiologischen Kenntnisse hat die ICRP in der Publikation 115 von 2010 [4] festgehalten, dass der Dosis–Konversionsfaktor zwischen Bq/m^3 und Millisievert (mSv) pro Jahr sich gegenüber der Publikation von 2007 in etwa verdoppelt hat. Daher hat die ICRP den Referenzwert für Radon im Wohnbereich von 600 Bq/m^3 auf 300 Bq/m^3 gesenkt. Dies entspricht einer Dosis von ca. 10 mSv für eine Aufenthaltszeit von 7‘000 Stunden im Jahr und unter Berücksichtigung eines Gleichgewichtsfaktors von 0,4 .

Die Europäische Union ist zur Zeit daran, seine grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition ionisierender Strahlung von 1996 [5] zu revidieren. Im Vorschlag vom 30. Mai 2012 [6] wird erwähnt, dass „aufgrund des neuen Konzepts der Expositionssituationen die Bestimmungen der Empfehlung 90/143/Euratom der Kommission zum Schutz der Bevölkerung vor Radonexposition innerhalb von Gebäuden [7] in die verbindlichen Anforderungen der Grundnormenrichtlinie aufgenommen werden können, wobei gleichzeitig ausreichend Flexibilität für die Umsetzung gegeben ist“. Die Mitgliedstaaten werden aufgefordert, einen Radonaktionsplan für den Umgang mit langfristigen Risiken der Radonexposition in Innenräumen zu erstellen und regelmässig zu aktualisieren. Ausserdem sind nationale Referenzwerte für die Radongaskonzentration in Gebäuden festzulegen. In bestehenden Wohnbereichen darf der Referenzwert einen Jahresmittelwert von 300 Bq/m^3 nicht überschreiten.

3. Ganze Schweiz betroffen

Die schweizerische Radonschutzstrategie von 1994 basiert auf den Artikeln 110 bis 118a der StSV, deren Vollzug in der Verantwortung der Kantone liegt. Sie beruht hauptsächlich auf der Sensibilisierung der Öffentlichkeit und der Ermutigung der Bevölkerung, die Radongaskonzentrationen in ihren Wohnräumen zu messen und, bei der Feststellung einer Überschreitung des Grenzwertes von 1‘000 Bq/m^3, zu sanieren. Bei Neu– und Umbauten sowie bei Radonsanierungen gilt ein Richtwert von 400 Bq/m^3, soweit dies mit einfachen baulichen Massnahmen erreicht werden kann. Von den 150‘000 bereits gemessenen Gebäuden überschreiten rund 2 Prozent, mehrheitlich im Jurabogen und in den Alpen, den aktuellen Grenzwert von 1‘000 Bq/m^3. Gemäss StSV sind Gebäudeeigentümer in Gebieten mit erhöhtem Radonrisiko zu Sanierungsmassnahmen bis 2014 verpflichtet.

Die Ablösung des aktuellen Grenzwerts durch den Referenzwert von 300 Bq/m^3 wird mit dem Übergang von einem individuellen Ansatz (gezielte Sanierung von Gebäuden mit erhöhter Radongaskonzentration) zu einem kollektiven Ansatz (Optimierung der Radongaskonzentration bei allen Bauten) verbunden sein. Nach Schätzungen weisen 50‘000 bis 100‘000 Gebäude in der Schweiz eine Radongaskonzentration über dem Referenzwert von 300 Bq/m^3 auf. Mehr als 10 Prozent der bereits gemessenen Gebäude in der ganzen Schweiz überschreiten diesen Wert (ca. 15‘000 Fälle).

4. Künftige Stossrichtungen zum Radonschutz im Wohnbereich

Die Umsetzung dieser neuen Strategie bedingt nicht nur eine Revision der StSV, sondern auch die Erarbeitung effizienter, jedoch für die Gesellschaft finanziell tragbarer Massnahmen, die das durch Radon verursachte Gesundheitsrisiko reduzieren. Die neuen Bestimmungen müssen zudem für die kantonalen Vollzugsbehörden umsetzbar sein. Die möglichen Ansätze werden in den vier folgenden Punkten beschrieben:

4.1 Optimierung der Radongaskonzentration in Neubauten

Die Anwendung des Optimierungsprinzips durch präventive Radonschutzmassnahmen in Neubauten ist wesentlich einfacher und kostengünstiger als eine nachträgliche Sanierung. Dies bedingt jedoch eine höhere Messgenauigkeit. Deshalb werden zurzeit standardisierte Messprotokolle von einer Arbeitsgruppe des Eidgenössischen Instituts für Metrologie entwickelt, in der auch die Kantone vertreten sind.

Die Baureglemente gehören in den Zuständigkeitsbereich der Kantone. Gemäss Raumplanungsgesetz [8] bleiben jedoch die übrigen Bestimmungen des Bundesrechts und des kantonalen Rechts bei der Erteilung von Baubewilligungen vorbehalten. Somit ist der gesetzliche Rahmen gegeben, um neue Anforderungen zum Radonschutz in der StSV festzulegen, die innerhalb des Baubewilligungsverfahrens zu berücksichtigen sind.

Der Stand der Technik für den Radonschutz in Neubauten ist in einer BAG–Empfehlung [9] beschrieben. Das Eindringen von Radon sowie von Feuchtigkeit sollen so verhindert werden. Je nach Gebäudeeigenschaften (z. B. falls erdberührende Wohn– und Aufenthaltsräume vorhanden sind) ist ein zusätzlicher Radonschutz erforderlich (Kosten von ca. 1‘000 bis 2‘000 Euro für ein Einfamilienhaus). Das BAG hat sich in diesem Sinne zum neuen Entwurf für die Norm SIA 180 Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden [10] geäussert, der vom Schweizerischen Ingenieur und Architektenverein (SIA) 2012 für eine Vernehmlassung vorgelegt wurde. Auf diese Weise kann die Tätigkeit der Baufachleute hinsichtlich des Radonschutzes harmonisiert werden.

Nach der aktuellen StSV kann das BAG Ausbildungskurse durchführen. Bereits über 200 Baufachleute haben sich an Weitbildungskursen an Fachhochschulen und Universitäten zu Radonfachpersonen [11] ausbilden lassen. Sie haben die Aufgabe, Bauherren und Eigentümer bei der Umsetzung präventiver Radonschutzmassnahmen und Radonsanierungen zu unterstützen. Mit der Revision der StSV sollen die Ausbildung der Radonfachpersonen und deren Rolle noch besser verankert werden. Vorgesehen ist, die Anforderungen und den Inhalt der Kurse künftig in der Strahlenschutz–Ausbildungsverordnung [12] festzulegen. Baufachleute mit gutem Fachwissen in der Radonproblematik sind dabei von zentraler Bedeutung für den Erfolg der Strategie, da sie als wichtige Multiplikatoren mit hoher gesellschaftlicher Glaubwürdigkeit angesehen werden können.

4.2 Foschungsbedarf betreffend radonrelevanter Umbauten

Gewisse Umbauarbeiten, beispielsweise Eingriffe in die Gebäudehülle (bessere Isolierung, usw.) oder eine Umnutzung von Räumen im Untergeschoss zu Wohn– und Aufenthaltszwecken können zu einer Erhöhung der Radongaskonzentration führen. In diesem Zusammenhang hat das BAG eine Studie der Fachhochschule der Italienischen Schweiz unterstützt [13], bei der die Radongaskonzentrationen von ca. 160 Gebäuden vor und nach der energetischen

Sanierung verglichen wurden. Trotz der grossen Bandbreite der Ergebnisse lässt sich eine durchschnittliche Zunahme der Radongaskonzentration um fast 30 Prozent nach der energetischen Sanierung feststellen. Das Ersetzen der Fenster scheint die problematischste Massnahme zu sein, auch wenn die Stichprobe von 70 Gebäuden für eine allgemeingültige Aussage noch zu klein ist. Das BAG plant, diese Stichprobe im Rahmen weiterer Studien zu erweitern.

4.3 Verhältnismässigkeit bei Radonsanierungen

Die Sanierung von Neubauten, die den künftigen Referenzwert nicht einhalten, sollte Vorrang haben. So kann der Bauherr bei Werkmängeln seine Rechte gegenüber dem Unternehmer geltend machen und der Käufer kann bei Mängeln der Kaufsache innert der Verjährungsfrist gemäss Obligationenrecht [14] gegen den Verkäufer vorgehen.

Vorgesehen ist, dass die Radonsanierung von bestehenden Gebäuden, bei denen eine erhöhte Radongaskonzentration festgestellt wurde, entsprechend der Dringlichkeit des Einzelfalls und der wirtschaftlichen Tragbarkeit durchgeführt wird. Die fachgerechte Radonsanierung eines Einfamilienhauses kostet in der Regel zwischen 3‘000 und 7‘000 Euro. Durch Synergien mit Renovierungsarbeiten können diese Kosten erheblich gesenkt werden. Deshalb ist es am effizientesten, die Radonsanierung spätestens beim nächsten bewilligungspflichtigen Umbau vorzunehmen.

In der Schweiz leben zwei von drei Personen in einer Mietwohnung [15]. Falls ein Mieter eine Überschreitung des gesetzlichen Wertes in seinem Mietobjekt feststellt, kann er die ihm zustehenden Rechte gemäss Obligationenrecht geltend machen und beispielsweise verlangen, dass Mängel an der Mietsache behoben werden.

4.4 Risikokommunikation

Die Wissensvermittlung über Radon und seine Risiken bedingt klare und verständliche Informationen, die auf einzelne Zielgruppen ausgerichtet sein müssen, insbesondere Eigentümer– und Mieterverbände, Notare (in Bezug auf Immobilientransaktionen), Krebs– und Lungenkrebsliga (in Bezug auf die Medizin) und Ausbildungsstätten (in Bezug auf Bauberufe).

5. Schlussfolgerungen

Die Erfüllung der neuen internationalen Anforderungen bedingt die Ersetzung des aktuellen Grenzwertes von 1‘000 Bq/m^3 durch den Referenzwert von 300 Bq/m^3 in der Strahlenschutzgesetzgebung. Dies wird dazu führen, dass sich die Anzahl sanierungsbedürftiger Gebäude in der ganzen Schweiz nahezu verzehnfacht. Die Revision der StSV bietet die Gelegenheit, einen Systemwechsel einzuleiten, der das Baubewilligungsverfahren als künftiges Präventionsmittel zum Radonschutz nutzt. Ziel dieses Systemwechsels ist, das durch Radon verursachte Lungenkrebsrisiko mit effizienten, umsetzbaren und wirtschaftlich tragbareren Massnahmen langfristig zu reduzieren.

6. Literaturverzeichnis

[1] Nationaler Radonaktionsplan 2012–2020, am 25. Mai 2011 vom Schweizer Bundesrat verabschiedet, unter www.ch-radon.ch

[2] Strahlenschutzverordnung (StSV) vom 22. Juni 1994 (SR 814.50)

[3] ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103

[4] ICRP, 2010. Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon. ICRP Publication 115

[5] Richtlinie 96/29/Euratom des Rates vom 13. Mai 1996 zur Festlegung der Grundnormen für den Gesundheitsschutz der Bevölkerung und der Arbeitskräfte gegen die Gefahren ionisierender Strahlungen

[6] Vorschlag für eine Richtlinie des Rates zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung, Europäische Kommission, Brüssel, den 30.5.2012

[7] Empfehlung 90/143/Euratom der Kommission vom 21. Februar 1990 zum Schutz der Bevölkerung vor Radonexposition innerhalb von Gebäuden

[8] Bundesgesetz über die Raumplanung vom 22. Juni 1979 (Raumplanungsgesetz), SR 700

[9] Empfehlungen: bauliche Massnahmen für Neubauten, Bundesamt für Gesundheit (BAG), 31.08.2012, unter www.ch-radon.ch

[10] Norm SIA 180 Wärme– und Feuchteschutz im Hochbau, Schweizerischer Ingenieur– und Architekten–Verein (SIA), 1999 (in Revision)

[11] Listen der Radonfachpersonen in den drei Sprachregionen, Bundesamt für Gesundheit (BAG), unter www.ch-radon.ch

[12] Verordnung über die Ausbildungen und die erlaubten Tätigkeiten im Strahlenschutz vom 15. September 1998 (Strahlenschutz–Ausbildungsverordnung), SR 814.501.261

[13] Pampuri L., Valsangiacomo C., Teruzzi T., Cereghetti N., Generelli M., Radon pollution in buildings before and after energy renovation – preliminary results. Radon Competence Center SUPSI (in press) 2013

[14] Bundesgesetz betreffend die Ergänzung des Schweizerischen Zivilgesetzbuches (Fünfter Teil: Obligationenrecht) vom 30. März 1911, SR 220

[15] Wohnen in der Schweiz, Informationen rund um das Mieten einer Wohnung, Bundesamt für Wohnungswesen BWO, 2006

AUF DEM WEG ZUM ÖSTERREICHISCHEN RADONAKTIONSPLAN

V. Gruber[1)], W. Ringer[1)], G. Wurm[1)], W. Haider[2)]

[1)] Österreichische Fachstelle für Radon, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES), Linz, Österreich
[2)] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), Abteilung Strahlenschutz, Österreich

Zusammenfassung
Nach dem derzeitigen Entwurf der neuen europäischen „Grundnormen-Richtlinie" (EU-BSS) sind alle Mitgliedsstaaten verpflichtet, einen „Nationalen Radon-Aktionsplan" zu erstellen, um die Langzeitrisiken für die Bevölkerung durch die Radon-Exposition in Wohnräumen, öffentlichen Gebäuden und Arbeitsplätzen zu kontrollieren. Die Österreichische Fachstelle für Radon wurde vom Umweltministerium (BMLFUW) beauftragt einen Radonaktionsplan für Österreich zu erarbeiten. Dieser Tagungsbeitrag soll den Status der Österreichischen Radonschutz-Aktivitäten in Hinblick auf das Konzept eines Radonaktionsplans und die zu Grunde liegende Strategie behandeln. Es wird aufgezeigt, wo noch Handlungsbedarf für Österreich besteht, außerdem soll die Frage diskutiert werden, wie die neuen BSS die österreichische Strahlenschutz-Gesetzgebung in Bezug auf Radon beeinflussen (Festlegung von Referenzwerten, Abklärung von Zuständigkeiten, Normen, Baurecht). Darüber hinaus werden laufende und geplante Projekte in Hinblick auf den Radonaktionsplan wie die Erstellung einer nationalen Radondatenbank, die bessere Eingrenzung von Radonrisikogebieten durch Verbesserung der Radonpotenzialkarte und Strategien für Öffentlichkeitsarbeit und Sensibilisierung des Baubereiches auf die Radonthematik (Bausachverständige, Baurecht) präsentiert.

Summary
According to the draft of the new European Basic Safety Standards (EU-BSS) all member states are obliged to develop a national radon action plan, to control the long term risks from radon exposure in dwellings, public buildings and workplaces. The National Radon Centre, embedded in the Austrian Agency for Health and Food Safety (AGES), was assigned by the Ministry for Environment (BMLFUW) to develop this Austrian action plan and the strategy behind. This conference contribution discusses where we still have a need for actions and how the new BSS will influence the Austrian radon legislation (reference levels, responsibilities, standards, building law). Currently running and planned projects regarding the radon action plan like developing a national radon data base, definition of radon prone areas by improving the radon map and strategies to increase public radon awareness and involve the building sector are presented.

Schlüsselwörter *Nationaler Radon-Aktionsplan, Radondatenbank, Radonpotentialkarte*
Keywords *National Radon Action Plan, Radon database, Radon potential map*

BAYERISCHES RADON-NETZWERK UND AUSBILDUNG ZUR RADON-FACHPERSON

S. Körner, A. Kunte

Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg, Deutschland

Zusammenfassung

Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) hat 2012 das Bayerische Radon-Netzwerk und die Ausbildungsinitiative zur Radon-Fachperson gestartet, um das Bewusstsein für das Thema „Radon" zu fördern.

Im Sommer 2012 wurde das Bayerische Radon-Netzwerk unter Leitung des LfU in Kooperation mit dem Bauzentrum München gegründet. Es soll vor allem die Radon-Fachpersonen, weitere Fachleute aus der Bau- und Immobilienbranche, kommunale und private Gebäudebesitzer, Verbände, Behörden und die Wissenschaft miteinander vernetzen. Treffen finden in halbjährlichen Intervallen statt.

Die viertägige Ausbildung zur Radon-Fachperson richtet sich in erster Linie an Baufachleute wie Architekten, Bauingenieure, Lüftungstechniker und Personen von privaten und öffentlichen Baufachstellen. Sie vermittelt Fachwissen zu Radonprävention bei Neubauten, Durchführung von Radonsanierungen, Messtechnik und Messmethoden und Grundlagen zum Strahlenschutz. Mit den Radon-Fachpersonen stehen künftig bayernweit kompetente Ansprechpartner auf dem Gebiet „Radon in Gebäuden" zur Verfügung.

Summary

The Bavarian Environment Agency (LfU) initiated 2012 the Bavarian Radon Network and the training initiative to become a "Radon-Fachperson" (radon specialist) to further the awareness concerning radon.

The Bavarian Radon Network was established in summer 2012 by the LfU in cooperation with the "Bauzentrum München" (Munich Building Center). The Bavarian Radon Network is meant to link radon specialists, specialists from the building and real estate sector, municipal and private building owners, stakeholders, government agencies and science. Meetings are held biannually.

The four day course to become a Radon-Fachperson is primarily aimed at building specialists, e.g. architects, construction engineers, ventilation engineers and staff of private and public construction offices. The course imparts specialised knowledge of radon prevention for new buildings, realisation of radon mitigation, measurement instrumentation and methods as well as fundamentals of radiation protection. With the Radon-Fachperson there are henceforth qualified specialists in the field of radon in buildings available in Bavaria.

Schlüsselwörter *Radon, Gebäude, Ausbildung, Netzwerk*
Keywords *radon, buildings, training, network*

1. Einleitung

Das Bewusstsein in der Bevölkerung für das Thema „Radon in Gebäuden" nimmt in Bayern kontinuierlich zu. Dies zeigt sich z.B. in der gestiegenen Anzahl an Bürgeranfragen an das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) von ca. 10 – 20 Anfragen pro Jahr bis 2011 auf über 100 Anfragen im Jahr 2012. Auch Ende 2013 wird die Anzahl der Anfragen die 100 übersteigen. Die kontinuierlichere Medienpräsenz ist sicherlich ein Faktor hierfür.

Durch das erhöhte Bewusstsein für Radon wird in Gebäuden vermehrt die Radonkonzentration gemessen. Hierbei ist die Kurzzeitmessung sehr beliebt, da sie schnell ein Ergebnis liefert. Das Ergebnis besitzt jedoch wenig Aussagekraft und kann weder mit einem Empfehlungswert für den Jahresmittelwert verglichen werden noch sollte es maßgebend für eine Sanierungsentscheidung sein.

Durch die vermehrten Messungen der Radonkonzentration in Gebäuden werden auch immer mehr Gebäude mit Radonkonzentrationen über dem Empfehlungswert erkannt. Hier zeichnet sich bereits jetzt die Nachfrage nach Personen, die eine Radonsanierung kompetent planen und begleiten können, ab.

Weiterhin steigt die Anzahl der Niedrig-Energie-Häuser, Passivhäuser, nicht unterkellerten Häuser und energetisch sanierten Häuser. Gerade bei diesen Gebäuden sollte bei der Planung und Bauausführung bzw. der Sanierungsmaßnahmen auf Radon geachtet werden.

Das LfU bietet schon seit vielen Jahren auf seiner Internetseite umfassende Informationen für Interessierte an und beantwortet Bürgeranfragen rund um das Thema „Radon in Häusern“. Es beteiligt sich an Veranstaltungen mit Vorträgen, Informationsmaterial und kurzer persönlicher Beratung. Detaillierte Beratungen zu konkreten Vorhaben, Messungen, Sanierungsplanungen und Sanierungsbegleitungen liegen jedoch außerhalb der Möglichkeiten des LfU. Daher wurde vom LfU 2012 das Bayerische Radon-Netzwerk initiiert. Es wird seither, wie auch die Ausbildung zur Radon-Fachperson, im Rahmen eines Projektes des LfU realisiert.

2. Bayerisches Radon-Netzwerk

Im Sommer 2012 wurde das Bayerische Radon-Netzwerk unter Leitung des LfU in Kooperation mit dem Bauzentrum München gegründet. Es soll vor allem Fachleute aus der Bau- und Immobilienbranche, kommunale und private Gebäudebesitzer, Verbände, Behörden und die Wissenschaft miteinander vernetzen. Weitere Ziele sind der Wissensaustausch und die Förderung des Angebots von fundiertem Fachwissen, Dienstleistungen und Schulungs- bzw. Fortbildungsmaßnahmen.

Das erste Treffen des Bayerischen Radon-Netzwerks fand am 22.01.2013 am LfU in Augsburg statt. Annähernd 100 Architekten, Baufachleute, Energieberater, Behörden- und Verbandsvertreter sowie interessierte Bürger erörterten mit nationalen und internationalen Experten Fragestellungen u.a. zu Radonsanierung, Radonvorsorge, Radonmessmethoden, zur Aussagekraft von Radonkarten und zu zukünftigen EU-Regelungen. Für interessierte Firmen bestand die Möglichkeit, ihre Produkte und Dienstleistungen im Foyer darzustellen.

Das zweite Treffen findet am 17.09.2013 im Bauzentrum München statt. Den Schwerpunkt bilden nach Wunsch der Netzwerkteilnehmer Radonmessungen und -messmethoden. Weitere Treffen werden zukünftig in halbjährlichen Intervallen stattfinden. Informationen von vergangenen und über zukünftige Treffen sind auf der Homepage des LfU erhältlich.

3. Ausbildung zur Radon-Fachperson

Das Thema Radon ist gerade für Baufachleute besonders wichtig, jedoch wenig bekannt. Aus- und Weiterbildungsangebote gibt es bisher kaum. Das LfU hat daher eine Ausbildung zur Radon-Fachperson initiiert, das Kursprogramm erarbeitet und führt bis Ende 2013 auf-

grund der großen Nachfrage zwei Kurse selbst am LfU durch. Die Kursplätze sind bereits vergeben. Langfristig ist geplant, bei Bedarf weitere Kurse in Kooperation mit einer externen Fortbildungseinrichtung durchzuführen.

Der Kurs richtet sich in erster Linie an Baufachleute wie Architekten, Bauingenieure, Lüftungstechniker und Personen von privaten und öffentlichen Baufachstellen. In der Baubranche beratend tätige Personen, wie etwa Energieberater, Immobilienberater oder Umweltingenieure, können bei fachlich ausreichenden Vorkenntnissen berücksichtigt werden. Formelle Anforderungen, wie etwa ein Hochschulstudium oder eine Meisterprüfung, bestehen nicht. Aufgrund des praxisnahen Charakters mit Schwerpunkt auf der Arbeit in Kleingruppen stehen pro Kurs nur 20 Plätze zur Verfügung.

Der viertägige Kurs beginnt mit einem zweitägigen Theorieblock mit folgenden Themenschwerpunkten:
Grundlagen zu Radon und Strahlenschutz
Radonprävention bei Neubauten
Durchführung von Radonsanierungen
Messtechnik und Messmethoden

Der zweite Block ist eintägig und als Praxistag mit verschiedenen Übungen und Gruppenarbeiten gestaltet. Er findet mindestens zwei Wochen nach dem ersten Block statt. Hierdurch wird den Teilnehmern die Gelegenheit gegeben, sich zwischen den beiden Blöcken mit den gehörten Inhalten sowie den ergänzenden Unterlagen im Kursskript vertraut zu machen bzw. bei Bedarf bestehende Wissenslücken zu schließen. Außerdem sollte diese Phase für die Durchführung eigener Radonmessungen genutzt werden.

Nach dem zweiten Block folgt wieder eine Pause von mindestens zwei Wochen. In dieser Zeit erarbeiten die Kursteilnehmer in Kleingruppen ein Sanierungskonzept für ein Übungsobjekt, welches am letzten Kurstag präsentiert wird.

Der Kurs schließt im eintägigen dritten Kursblock mit einer schriftlichen und mündlichen Prüfung ab. Zur Vorbereitung stehen den Kursteilnehmern ausführliche Unterlagen zur Verfügung.

Nach erfolgreichem Bestehen der Prüfung erhält jeder Teilnehmer ein vom LfU ausgestelltes Zertifikat, welches ihn als „Radon-Fachperson“ ausweist. Eine Liste der erfolgreichen Absolventen wird auf der Internetseite des LfU veröffentlicht.

Mit den Radon-Fachpersonen sollen künftig bayernweit kompetente Ansprechpartner zu Radonsanierung in bestehenden Gebäuden und zum radonsicheren Neubau zur Verfügung stehen.

Die Ausbildung zur Radon-Fachperson findet auch in anderen Bundesländern Interesse. Hier ist zukünftig eine Zusammenarbeit geplant. Mit den Nachbarstaaten wird der Erhalt der guten Kooperation auf diesem Gebiet angestrebt.

4. Ausblick

Das Bayerische Radon-Netzwerk und die Ausbildungsinitiative zur Radon-Fachperson stoßen bereits jetzt auf großes Interesse und könnten zukünftig in einen nationalen Radon-Maßnahmenplan, wie er in der neuen EU-Grundnorm vorgesehen ist, integriert werden.

STRAHLENEXPOSITIONEN DURCH PB-210 UND PO-210 IM MODELL DER BERECHNUNGSGRUNDLAGEN BERGBAU

R. Gellermann

Nuclear Control & Consulting GmbH, Braunschweig, Deutschland

Zusammenfassung
Die Berechnungsmodelle der Berechnungsgrundlagen Bergbau überschätzen die Dosis durch Staubdeposition auf Nahrungspflanzen in erheblichem Maße, so dass es bereits bei geringen Veränderungen von Pb-210 und Po-210 in der Staubkonzentration zu zusätzlichen Dosen von mehr als 0,3 mSv/a kommt. Im Beitrag wird das Modell der Berechnungsgrundlagen Bergbau auf die Ursachen dieses Befundes hin analysiert und es werden Vorschläge abgeleitet, wie eine realistischere Modellierung erfolgen kann.

Summary
The models contained in the German Calculation Guide Mining overestimate the doses from dust deposition in a significant amount. This makes that even small changes of Pb-210 and Po-210 in dust result in doses exceeding 0.3 mSv/a. In this paper the corresponding model of the Calculation Guide Mining is analyzed regarding the causes of this effect. A proposal for a more realistic approach is presented.

Schlüsselwörter *Ableitungen, NORM, Pb-210, Po-210, Radioökologie*
Keywords *discharges, NORM, Pb-210, Po-210, radioecology*

1. Einleitung

Die Modellierung von Strahlenexpositionen aus Ableitungen von NORM-Industrien sowie aus der Entsorgung von Rückständen oder anderen Materialien erfordert in bestimmten Fällen, auch die Strahlenexposition durch den Verzehr lokal angebauter Lebensmittel zu berücksichtigen. Nach Anlage XII Teil D Nr. 1 StrlSchV sind bei solcher Ermittlung der Strahlenexposition von Einzelpersonen der Bevölkerung realistische Expositionspfade und Expositionsannahmen zu verwenden. Eine methodische Grundlage für ein solches Herangehen liefern die Berechnungsgrundlagen Bergbau [1] (im Weiteren abgekürzt BglBb). Diese Berechnungsgrundlagen orientieren bei der Berechnung der Strahlenexposition durch Verzehr lokal angebauter Lebensmittel vorzugsweise auf repräsentative Messwerte pflanzlicher und tierischer Produkte. Derartige Messwerte sind aber in der Regel nicht verfügbar und auch nicht in einem praktikablen Zeitraum beschaffbar, wenn es z.B. um die Entlassung von überwachungsbedürftigen Rückständen zur Entsorgung auf Deponien geht. Neben den technischen Aspekten ist vor allem zu beachten, dass die für derartige Untersuchungen notwendigen Probenahmen den Blick der Anwohner auf einen Vorgang richten, der radiologisch zwar unbedenklich aber in seiner Wahrnehmung durch die Öffentlichkeit möglicherweise nicht zu beherrschen ist. In solchen Fällen müssen die Berechnungsvorschriften und die in ihnen aufgeführten radioökologischen Modelle genutzt werden.

2. Modellbeschreibung

Die effektive Jahresdosis $E_{Ing,j}$ der Referenzperson j durch Verzehr (Ingestion) lokal erzeugter Lebensmittel ist wie folgt zu berechnen:

$$E_{Ing,j} = \sum_n p_n U_{n,j} \sum_r \left(C_{n,r} - C^U_{n,r}\right) g_{Ing,r,j} \qquad (1)$$

Hierin bedeuten:

$E_{ing,j}$ - Effektive Jahresdosis für die Referenzperson j durch Ingestion lokal erzeugter Lebensmittels in Sv. $C_{n,r}$ - Spezifische Aktivität in Bq kg^{-1} bzw. Aktivitätskonzentration in Bq l^{-1} des Radionuklids r im Lebensmittel n. $C^U_{n,r}$ - Spezifische natürliche Untergrund-Aktivität in Bq kg^{-1} bzw. – Aktivitätskonzentration in Bq l^{-1} des Radionuklids r im Lebensmittel n. Index zur Kennzeichnung der Lebensmittel n = Mi - Milch und Milchprodukte; Fl - Fleisch und Fleischwaren, Fi – Fischfleisch, Gm - Gemüse außer Blatt- und Wurzelgemüse, Bl – Blattgemüse, Wg – Wurzelgemüse, Ob – Obst, W – Trinkwasser, MM – Muttermilch, SM – Säuglingsmilchnahrung. p_n - Anteil an lokaler Produktion des Lebensmittels n am Jahresverbrauch, dimensionslos. $U_{n,j}$ - Jahresverbrauch des Lebensmittels n durch die Referenzperson j in kg (in l für n = W). $g_{Ing,r,j}$ - Ingestionsdosiskoeffizient für das Radionuklid r und die Referenzperson j in Sv Bq^{-1}.

In den BglBb ist ein lokaler Getreideanbau nicht enthalten, da davon ausgegangen wird, dass in Deutschland Getreideprodukte (Mehl, Brot, usw.) aus überregional produzierten Grundstoffen hergestellt werden und es dabei zu starken Verdünnungen lokaler Chargen kommt [2].

Die Berechnung der Ingestion für Lebensmittel basiert auf Ingestionskoeffizienten nach ICRP, wobei für Polonium-210 die in den BglBb aufgeführten abgeminderten Koeffizienten für die Direktingestion des in anorganischer Form vorliegenden Poloniums bei Lebensmitteln nicht zu benutzen sind.

Allgemeine Werte der spezifischen natürlichen Untergrund-Aktivität für Lebensmittel nach den BglBb sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Tab. 1: Allgemeine Werte der spezifischen natürlichen Untergrund-Aktivität bzw. Untergrund–Aktivitätskonzentration des Radionuklids r im Lebensmittel n und in Weidegras (BglBb).

Radio nuklid	$C^U_{n,r}$ [mBq kg^{-1}] (für Trinkwasser [mBq l^{-1}])									
	Trink-wasser	Milch	Fleisch	Fisch	Blatt-gemüse	Gemüse	Getreide	Obst	Wurzel-gemüse	Weide gras
U-238	3,0	2,0	1,0	4,0	10	2,0	10	2,0	2,0	10
Th-230	1,0	1,0	0,5	1,0	5,0	1,0	10	1,0	5,0	5,0
Ra-226	5,0	4,0	8,0	7,0	40	10	150	15	30	40
Pb-210	2,0	10	20	30	150	30	400	40	20	150
Po-210	1,5	10	100	150	150	30	400	40	20	150
Th-232	1,0	1,0	0,5	1,0	4,0	1,0	10	1,0	5,0	4,0
Ra-228	4,5	4,0	8,0	7,0	60	20	150	15	30	60
Th-228	1,0	1,0	0,5	1,0	4,0	1,0	10	1,0	5,0	4,0

3. Prüfung der Konservativität des Modells

Um die Konservativität des Modells in Bezug auf die Modellergebnisse zum Nahrungspfad beurteilen zu können, wurden anhand der in den BglBb enthaltenen allgemeinen Werte der Umweltradioaktivität für Boden und Staub (s. Tab. 2) und den Modellen nach Kapitel 6 der BglBb Radionuklidaktivitäten von pflanzlichen Lebensmitteln und Weidegras berechnet. In die Modellierung gingen ein:

Die spezifische Aktivität $C^U_{Bo,r}$ des Radionuklids r in der oberen Bodenschicht (0 – 10 cm für Weideboden, 0 – 30 cm für Acker- und Gartenboden, 0 – 30 cm für die Berechnung der äußeren Strahlenexposition).
Die spezifische Aktivität in der Staubfraktion $C^U_{Luft,r}$. Die Werte ergeben sich, mit Ausnahme derjenigen für Pb-210 und Po-210, aus der Aktivität des Bodens $C^U_{Bo,r}$ unter Verwendung des Aufkonzentrierungsfaktors $AF_{0,02,r}$ = 4 und einer Staubkonzentration von 0,05 mg/m³. Die Werte von Pb-210 und Po-210 basieren auf Messwerten und berücksichtigen den Zerfall von Rn-222 in der Atmosphäre.
Für die Aktivitätskonzentration des Beregnungswassers $C^U_{Ber,r}$ und des Viehtränkewasser werden nach den BglBb als allgemeine Werte der spezifischen natürlichen Untergrund-Aktivität die Daten für Trinkwasser nach Tab. 1 angesetzt.

Tab 2: Allgemeine Werte der spezifischen natürlichen Untergrund-Aktivität von Radionukliden im Boden und im Staub (BglBb).

Radionuklid	$C^U_{Bo,r}$ [Bq kg^{-1}]	$C^U_{Bo(0,02),r}$ [Bq kg^{-1}]	$C^U_{Luft,r}$ [µBq/m³]
U-238	50	200	10
Th-230	50	200	10
Ra-226	50	200	10
Pb-210	50	200	300
Po-210	50	200	40
Th-232	40	160	8
Ra-228	40	160	8
Th-228	40	160	8

Mit den Eingabedaten nach Tab. 2 sowie den Standarddaten zu Transferfaktoren nach BglBb wurden die spezifischen Aktivitäten für Lebensmittel berechnet für die Pfade
Staub – Pflanze – …. – Mensch = „Pfad A“,
Grundwasser/Oberflächenwasser – Beregnung – Pflanze - … Mensch = „Pfad B“,
Boden – Pflanze – … – Mensch = „Pfad D“

Ergebnisse der Modellrechnungen für die Pfade A und D sind in Abb. 1 dargestellt. Die Diagramme zeigen die Quotienten aus spezifischen Aktivitäten von pflanzlichen Lebensmitteln aus Modellrechnungen dividiert durch allgemeine Werte der spezifischen Aktivitäten von pflanzlichen Lebensmitteln nach Angaben in den BglBb. Sie demonstrieren, dass die rein modelltechnisch abgeleiteten Werte der spezifischen Aktivität die realen Messwerte in Lebensmitteln vor allem bei Obst und Gemüse erheblich überschätzen. Der Pfad D (Boden – Pflanze) führt vor allem bei den Urankonzentrationen zu sehr viel höheren Werten als es Messwerten entspricht. Die Staubdeposition (Pfad A) ergibt bei den wasserunlöslichen Radionukliden des Thoriums sowie bei Pb-210 wesentlich höhere Modellwerte als es Messwerten entspricht.

Bei Blattgemüse und Wurzelgemüse sind die Überschätzungen (mit Ausnahme von Uran beim Wurzelgemüse) geringer, liegen aber auch hier noch vielfach über 10.

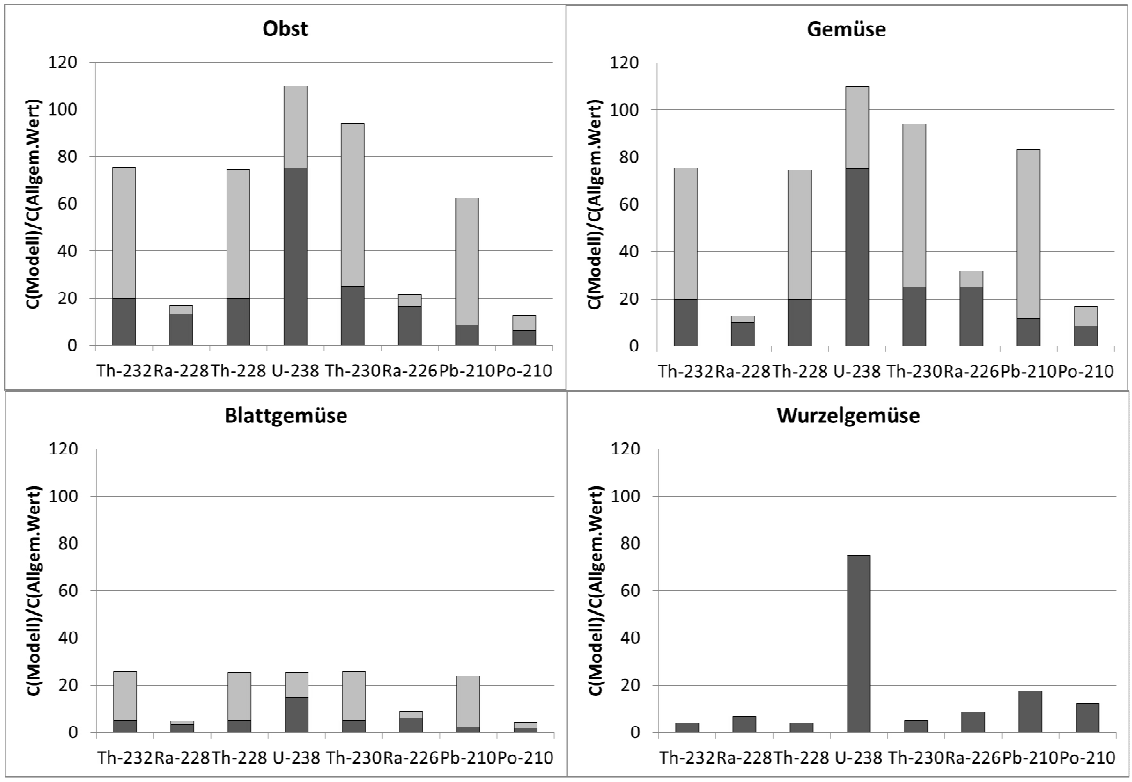


Abb. 1: Verhältniswerte von modellierten Radionuklidaktivitäten zu realen Werten in Lebensmitteln.. Hellgrau: Pfad A, Dunkelgrau: Pfad D (Erläuterungen s. Text)

Für Weidegras ergeben sich für die Pfade A und D ebenfalls hohe Quotienten aus spezifischen Aktivitäten von pflanzlichen Lebensmitteln aus Modellrechnungen dividiert durch allgemeine Werte der spezifischen Aktivitäten von pflanzlichen Lebensmitteln nach Angaben in den BglBb. Die höchsten Werte für die Summe von Pfad A + D errechnen sich für die Thoriumisotope mit nahezu 52, für die Uranisotope und Pb-210 erhält man Werte etwas über 30.

Der Pfad B (Beregnung) führt für sich genommen nur bei Uran (U-238, U-234) und beim Thorium (Th-232, Th-228, Th-230) zu etwas höheren Aktivitätskonzentrationen in Lebensmittelpflanzen als es den allgemeinen Werten entspricht. Bei Ra-226, Ra-228, Pb-210 und Po-210 sind die Verhältniswerte sogar kleiner als 1. Letzteres ist in Anbetracht der Tatsache, dass der Beregnungspfad stets nur einen Teilpfad der Radionuklidausbreitung liefert durchaus realistisch.

Die offensichtlich im Modell stark überschätzten Radionuklidaktivitäten in den Pflanzen führen aufgrund der unterschiedlichen Dosiskoeffizienten und der unterschiedlichen Verzehrraten nicht unmittelbar zu gleichermaßen überschätzten Dosen. Um den Dosiseffekt zu demonstrieren wurden die Ingestionsdosen durch den Verzehr von pflanzlichen Lebensmitteln mit „modellierten Hintergrundaktivitäten“ = E_r(MA) mit den Dosen verglichen, die sich errechnen, wenn statt dessen die gleichen Mengen an Pflanzen verzehrt werden, deren spezifische Aktivität den allgemeinen Werten nach BglBb entspricht =E_r(AA). Als Faktor der Dosiserhöhung ist in Abb. 2 das Verhältnis

$$F = \frac{E_r(MA) - E_r(AA)}{\sum_r E_r(AA)}$$

dargestellt. Das Diagramm zeigt, dass für die Radionuklide Pb-210 und Po-210 bei einer modelltechnischen Abschätzung sehr deutlich höhere Dosen resultieren als es Messwerten entspricht.

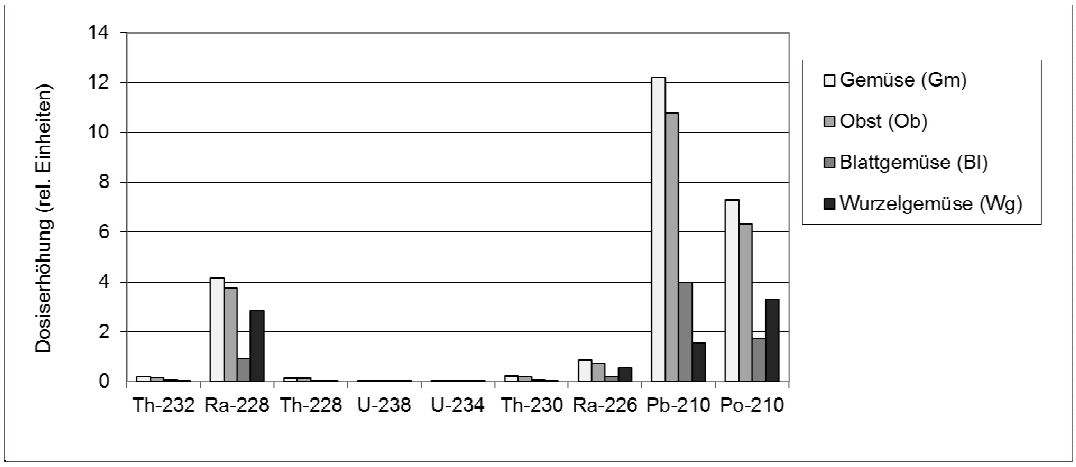


Abb. 2: Vergleich von modellierten Radionuklidaktivitäten für den Pfad A (Staubdeposition – Pflanze) mit realen Werten in Lebensmitteln bzw. Weidegras (Erläuterungen s. Text)

Auch ein direkter Vergleich der Modellergebnisse E_r(MA) mit Ingestionsdosen für den Nahrungspfad aus Untersuchungsbefunden [3] zeigt, dass das Modell der BglBb eine hohe Konservativität bei der Modellierung von Ingestionsdosen durch Lebensmittel aufweist (s. Tab. 5). Das gilt umso mehr, als die hier durchgeführten Modellrechnungen nur einen Teil der Gesamtnahrung abdecken und Getreide sowie Trinkwasserverzehr und Fischverzehr nicht enthalten sind. Durch die hohen Ingestions-Dosiskoeffizienten tragen Pb-210 und Po-210 in besonders hohem Maße zur Dosis bei.

4. Diskussion

Für die im vorhergehenden Kapitel vorgestellten Ergebnisse kommen diverse Ursachen in Frage. In den BglBb wird der Anteil der deponierten Aktivität, der von den Pflanzen zurückgehalten wird (Interzeption), mit einem einfachen Abklingmodell beschrieben. Dieses Modell enthält eine Verweilzeitkonstante λ_V von 5,7E-7 s^{-1} (Verweilzeit von 14 Tagen). Für hinreichend langlebige Radionuklide mit Halbwertszeiten von mehr als 100 Tagen, wie sie hier ausschließlich betrachtet werden, wird die gesamte durch Deposition in der Kontaminationszeit $t_{n,e}$ auf der Pflanze abgelagerte Aktivität um den Faktor 0,3 reduziert. Die Translokation, d.h. hier der Übergang von Radionukliden vom Blatt zu den ernährungsrelevanten Teilen der Pflanze, ist im Modell nicht enthalten. Dieser Übergang wird nur von einem Bruchteil der über eine Staubdeposition oder eine Beregnung auf die Pflanze gelangten Radionuklide vollzogen, so dass die Radionuklidaktivitäten von Früchten deutlich niedriger ausfallen, als es die Modellrechnungen ergeben. Untersuchungen zu den Effekten von Interzeption und Translokation enthält die Arbeit [4]. Aus einer Auswertung von verschiedenen Quellen wurden von

Becker [5] Parameter der Translokation von Radionukliden abgeleitet. Die Translokationsfaktoren $f_{trans\ r,Pflanze}$ für die Radionuklide der natürlichen Zerfallsreihen liegen demnach für Weidebewuchs und Blattgemüse bei 1,0 Bq/kg (FM) pro Bq/m² (absorbiert), für Getreide bei 0,02 – 0,05 Bq/kg (FM) pro Bq/m² (absorbiert) und für Obst zwischen 0,002 – 0,005 Bq/kg (FM) pro Bq/m² (absorbiert). Diese Daten zeigen, dass vor allem beim Pfad Staubdeposition auf Obst eine Berücksichtigung der Translokation zu erheblichen Reduktionen der Radionuklidaktivität führt. Der Pfad Wurzelgemüse weist nach Daten in [5] die geringsten Werte der Translokationsfaktoren auf. Dieser Sachverhalt wird in den BglBb berücksichtigt, indem dieser Pfad für eine Staubdeposition als nicht relevant eingestuft wird.

Um das Modell realistischer zu gestalten, wurden für den Pfad A (Staubdeposition) Anpassungsfaktoren eingeführt, mit denen die Wirkung der Translokation in der Modellgleichung berücksichtigt werden kann. Die benutzten Werte sind in Tab. 3 aufgeführt. Sie wurden so festgelegt, dass die damit berechneten Radionuklidaktivitäten in Pflanzen noch immer höher ausfallen als es den allgemeinen Werten entspricht, allerdings in einem deutlich geringeren Maße als zuvor. Für Blattgemüse und Weidegras wird eine Abminderung der Radionuklidaktivität in den Pflanzen durch Translokation nicht berücksichtigt.

Die Auswirkungen dieser Modellergänzung zeigt Tab. 4. Hier sind Ingestionsdosen mit und ohne Anpassung an die Translokation (TL) für den Pfad A (Staub-Pflanze) aufgeführt. Die Modellergänzung ist als eine Verbesserung des Realismus bei einem weiterhin konservativen Gesamtmodell zu bewerten.

Tab. 3: Vorgeschlagene Anpassungsfaktoren zur Berücksichtigung der Translokation

Radionuklid	Gm, Ob	Bl	Radionuklid	Gm, Ob	Bl
Thorium	0,10	1	Blei (Pb-210)	0,10	1
Radium	1,0	1	Polonium	0,15	1
Uran	0,10	1	Protactinium, Actinium	0,10	1

Tab 4: Berechnete altersabhängige Ingestionsdosen für Lebensmittel und Vergleich mit Angaben des BfS [3]. Fall: Pflanzen wachsen in der Umgebung bergbaulicher Anlagen / Pfad A (Staub – Pflanze).

p_n=1	Bev. <= 1 a mSv/a	Bev. 1-2 a mSv/a	Bev. 2-7 a mSv/a	Bev. 7-12 a mSv/a	Bev.12-17a mSv/a	Bev.>17 a mSv/a
Modelldosis o. TL [mSv/a]	1,670	0,851	0,749	0,667	0,646	0,217
Modelldosis mit TL [mSv/a]	0,732	0,310	0,261	0,250	0,272	0,098
Ingestionsdosis [3] [mSv/a]	0,271	0,186	0,144	0,142	0,166	0,044
Konservativität ohne TL	616%	458%	520%	470%	389%	494%
Konservativität mit TL	270%	167%	182%	176%	164%	223%

5. Danksagung

Herrn Michael Kümmel (BfS) danke ich für seine Hinweise und stetige Bereitschaft zur fachlichen Diskussion der hier dargestellten Sachverhalte.

6. Literaturverzeichnis

[1] Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der Strahlenexposition infolge bergbaubedingter Umweltradioaktivität (Berechnungsgrundlage – Bergbau). Bundesamt für Strahlenschutz, März 2010. urn:nbn:de:0221-20100329966

[2] Kümmel, M.: Erläuterungen zur Berechnung der Strahlenexposition infolge bergbaubedingter Um-weltradioaktivität mit den Berechnungsgrundlagen-Bergbau. Herausgeber: Bundesamt für Strahlen-schutz (BfS). Erscheinungsdatum: 23-Apr-2012. urn:nbn:de:0221-201204168021

[3] Internetseite BfS. http://www.bfs.de/de/ion/nahrungsmittel/nahrung.html (Aufgerufen, 21.12.2011)

[4] Pröhl G., I. Fiedler, H. Koch-Steindl, C. Leser, D. Treutter: Interzeption und Translokation von Radiocäsium bei Obst und Beeren. Bericht BMU – 2003-627

[5] Becker, A.: Beitrag zur Erstellung einer Referenzbiosphäre zur Berechnung der in der Nachbetriebs-phase eines Endlagers für radioaktive Stoffe hervorgerufenen potentiellen Strahlenexposition unter Berücksichtigung des Einflusses des Klimas. BMU 2003-623

DIE RADONSTRATEGIE DES FREISTAATES SACHSEN

S. Hurst, F. Leder

Referat Kerntechnik und Strahlenschutz, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Dresden, Deutschland

Zusammenfassung
Auf der Grundlage eines Landtagsbeschlusses aus dem Jahr 2005 sowie vor dem Hintergrund der anstehenden Verabschiedung einer neuen EU-Grundnorm, die erstmals verbindliche Regelungen zum Radonschutz enthält, wurde im Freistaat Sachsen eine Strategie zum Radonschutz in Gebäuden entwickelt. Schwerpunkte sind Öffentlichkeitsarbeit und Messprogramme, sowie Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen für die Baubranche. Die klassischen Methoden des Strahlenschutzes (Abstand halten und Kontakt vermeiden) sind beim Schutz vor Radon in Gebäuden wirkungslos. Deshalb liegen die wesentlichen Grundlagen für eine erfolgreiche Strategie in der Eruierung und Weiterentwicklung von bau- und lüftungstechnische Maßnahmen. Die Aktivitäten des Freistaates Sachsen zur Implementierung dieser Maßnahmen werden vorgestellt.

Summary
The Free State of Saxony developed a strategy on radon protection in buildings. It is based on a decision of the Saxon parliament enacted in 2005 and triggered by the upcoming European Basic Safety Standards which will contain regulations on radon in dwellings for the first time. The strategy is focusing on information of the public and monitoring programs as well as on educational and training measures for the building construction trades. The conventional methods of radiation protection (keeping distance and avoiding contact) are not effective for radon protection. Thus investigation and development of adequate building construction measures and ventilation are the main principles for a successful strategy. Special attention is given to energy efficient construction measures. The activities of the free State of Saxony to implement these measures are introduced.

Schlüsselwörter *Radon in Gebäuden, Radonschutzstrategie, Baugewerbe*
Keywords *radon in dwellings, radon protection strategy, building construction trades*

1. Einleitung

Voraussichtlich wird von der EU noch in 2013 eine neue Grundnorm zum Strahlenschutz verabschiedet [1]. Diese enthält erstmalig auch Vorgaben zum Radonschutz in Gebäuden. Sie ersetzt bestehende Empfehlungen der EU zum Radonschutz in Gebäuden aus dem Jahr 1990 [2] und berücksichtigt WHO [3]- und ICRP [4]-Verlautbarungen aus den vergangenen Jahren. Gleichzeitig wurden von der IAEA die Basic Safety Standards überarbeitet. Auch dort wurde erstmalig der Schutz vor Radon in Innenräumen aufgenommen [5].
Im Jahr 2005 hat sich der Freistaat Sachsen aufgrund eines damals vorgelegten sehr restriktiven und in Bezug auf eine praktische Umsetzbarkeit nicht ausreichend untersetzten nationalen Gesetzesentwurfs gegen gesetzliche Regelungen zum Radonschutz in Gebäuden geäußert. Dazu gab es einen Landtagsbeschluss in dem allerdings gleichzeitig festgelegt wurde, dass „…die fachgerechte Beratung zum radonsicheren Bauen bei Neubauten sowie zur radonsiche-

ren Sanierung belasteter Altbauten zu verstetigen und die Verringerung der Radonkonzentration im kommunalen und privaten Bereich weiterhin zu befördern“ sei.
Der o. g. nunmehr vorliegende Entwurf einer Grundnorm der EU lässt den Mitgliedstaaten große Freiräume in Bezug auf die Umsetzung. Um ihn – bis voraussichtlich im Jahr 2018 - in nationales Recht umsetzen zu können sind jedoch umfassende vorbereitende Maßnahmen erforderlich. Insbesondere sollten Messprozedere und bauliche Methoden entwickelt bzw. eruiert werden, die sowohl verhältnismäßig einfach als auch finanziell tragbar sind.

2. Wesentliche Anforderungen und Konsequenzen der EU Grundnorm

Die aktuelle Version vom Mai 2013 soll im September 2013 in der Plenarberatung im EU Parlament verhandelt und noch in 2013 verabschiedet werden. Sie enthält dann folgende den Radonschutz betreffende Artikel:

- Artikel 53 zu Radon an Arbeitsplätzen
- Artikel 74 zu Radon in Innenräumen
- Artikel 103 zum Radonaktionsplan

2.1 Anforderungen

Artikel 53
Entsprechend Artikel 53 sollen die Mitgliedstaaten nationale Referenzwerte für Radonkonzentrationen in Innenräumen an Arbeitsplätzen einführen, die nicht höher als 300 Bq/m³ sind sofern nicht national vorherrschende Umstände dies gewährleisten. Des Weiteren sollen Messungen an Arbeitsplätzen durchgeführt werden, die sich in Kellern und Erdgeschossen befinden bzw. die entsprechend Anlage XVI, Punkt 3 (öffentliche Gebäude, untertägige Arbeitsplätze), betroffen sein könnten. Arbeitsplätze, bei denen die geforderten Werte trotz entsprechender Schutzmaßnahmen überschritten werden, sollen den Regelungen der Artikel 25b(2) (Notifizierung) und 33(2) (klassische Strahlenschutzüberwachung) unterliegen.
Bisher gibt es lediglich eine gesetzliche Regelung für eine überschaubare Art und Anzahl von Arbeitsplätzen, die in Teil 3 StrlSchV, §§ 95 und 96, sowie Anlage XI definiert sind. Dort werden in Teil A die folgenden Arbeitsfelder, bei denen erheblich erhöhte Radon-222-Expositionen auftreten können, aufgelistet:

Arbeiten in
1. Untertägigen Bergwerken, Schächten und Höhlen, einschl. Besucherbergwerken,
2. Radon-Heilbäder und -Heilstollen
3. Anlagen der Wassergewinnung, -aufbereitung und Verteilung.

Für Personen an solchen Arbeitsplätzen gibt es die Verpflichtung der Arbeitgeber dafür Sorge zu tragen, dass die Grenzwerte eingehalten werden. Zusätzlich können die zuständigen Behörden diese Verpflichtung den Verantwortlichen für vergleichbare Arbeitsfelder mit vergleichbaren Expositionen per Anordnung auferlegen.

Die o. g. Definition lässt viel Raum für die Möglichkeiten bei der nationalen Umsetzung. Dadurch ist ein erhöhter Diskussionsbedarf absehbar.

Artikel 74
Entsprechend Artikel 74 des Entwurfs sollen die Mitgliedstaaten nationale Referenzwerte für Radonkonzentrationen in Innenräumen einführen, die im Jahresmittel 300 Bq/m³ nicht überschreiten. Sie sollen außerdem Aktivitäten fördern, die eine Identifizierung von Gebäuden ermöglichen, die höhere Werte aufweisen, und dafür Sorge tragen, dass Informationen über Radonbelastungen und den damit verbundenen Gesundheitsrisiken allgemein zugänglich sind.

Artikel 103 i.V. m. Anhang XVI
Der nationale Aktionsplan "...shall take into account the issues set out in Annex XVI", d. h. er soll die Sachverhalte berücksichtigen, die in der indikativen Liste in Anhang XVI enthalten sind.

Dies sind i. W.:
- Die Vorbereitung bzw. Pflege einer nationalen Radondatenbank.
- Die Identifikation der Gebiete, in denen die Anzahl der betroffenen Gebäude erhöht ist.
- Die Identifikation von Gebäuden, die öffentlich zugänglich sind, und von Arbeitsplätzen.
- Die Grundlagen der Umsetzung von Referenzwerten für Wohngebäude und Arbeitsplätze (d. h. die konkreten rechtlichen, messtechnischen, baulichen etc. Grundlagen)
- Verantwortlichkeiten, Radonreduzierungs- und -vermeidungsstrategie, Zeitpläne, Kommunikationsstrategie, Leitfäden, Fördermittel, Langzeitziele

2.2 Konsequenzen

Welche nationalen Aktivitäten in Bezug auf die Inhalte des geforderten nationalen Maßnahmenplans notwendig sein werden, wird in einer breiten Bund-Länder-Diskussion nach Verabschiedung der Novelle der EU-GN erörteert werden müssen. Dies betrifft auch mögliche Vorgaben in Bezug auf die Messregularien. Es wurde bereits unter Mitarbeit des Bundesamtes für Strahlenschutz der Entwurf der DIN ISO 11665-8 erarbeitet, die eine Methodik zur Erstbewertung sowie für zusätzliche Untersuchungen für Radon in Wohnungen vorgibt.
Einige Nachbarstaaten (z. B. Frankreich, Tschechien, Österreich und Italien) bereiten den nationalen Maßnahmenplan schon aktiv vor.

In der Umsetzungsphase ist auf Bund-Länder-Ebene vor allem die Interpretation der Definitionen der Begriffe „Referenzwert" und „Arbeitsplatz" zu klären. Die Definition des Referenzwertes ist in der Grundnorm zwar erfolgt:
„Referenzlevel bedeutet in einer Expositionssituation im Notfall oder in einer bestehenden Expositionssituation, das Level der effektiven Dosis oder Äquivalentdosis oder Aktivitätskonzentration oberhalb dessen es als unangemessen bewertet wird, dass Expositionen zugelassen werden, obwohl es nicht ein Grenzwert ist, der nicht überschritten werden sollte;"
Sie lässt in Bezug auf die Konsequenzen der Überschreitung jedoch einen großen Spielraum.
Da Radonschutz im Wesentlichen von Baustandards und Ausführungen abhängig ist, wäre eine Integration des Radonschutzes im Baubereich notwendig. Wie dies baurechtlich zu lösen wäre bedarf noch ausführlicher Diskussionen.

Für den Freistaat Sachsen wurde eine Betroffenheit von ca. 15% des Gebäudebestandes abgeschätzt. In Fortsetzung der bisherigen Aktivitäten und zur Vorbereitung der Umsetzung der EU Grundnorm werden in Sachsen die im Folgenden dargestellten Maßnahmen durchgeführt.

3. Bisherige Aktivitäten in Sachsen

Der Freistaat Sachsen hat sich – u.a. veranlasst durch die Aktivitäten im Zusammenhang mit der Sanierung der Hinterlassenschaften des Uranbergbaus - bereits in den vergangenen beiden Dekaden eingehend mit der Fragestellung Radonschutz in Gebäuden befasst.
Um dem o.g. Landtagsbeschluss nachkommen zu können und einen praxisgerechten und für die Betroffenen bezahlbaren Radonschutz in Gebäuden zu ermöglichen, wurden vielfältige Aktivitäten (weiter-) entwickelt. Sie können nunmehr auch der Vorbereitung auf die konkrete nationale Umsetzung der EU Grundnorm dienen.
Schwerpunkte der Aktivitäten waren Öffentlichkeitsarbeit, Beratung und Messprogramme.

4. Bestandteile der Strategie

Ziele für den Freistaat Sachsen bis zur voraussichtlichen Umsetzung der EU GN sollen die weitere und verstärkte Kommunikation der bestehenden Kenntnisse über die Grundlagen, Messverfahren, bautechnischen Möglichkeiten bzw. Maßnahmen des Radonschutzes und der Weiterbildung dazu sein. Außerdem sollte – soweit möglich – eine Vorbereitung auf die zukünftigen Rechte und Pflichten erfolgen. Dazu sind die Untersetzung bzw. der weitere Aufbau der bestehenden Infrastruktur (Behörden, Kommunen, Firmen, Bildungseinrichtungen) erforderlich.
Wesentliche Bestandteile dieser Strategie sind, in Untersetzung und Intensivierung der bisherigen Aktivitäten, Öffentlichkeitsarbeit, Beratung und Messprogramme sowie zusätzlich Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen für den Baubereich.

4.1 Information und sonstige Öffentlichkeitsarbeit

Dies erfolgt im Rahmen der Aktualisierung von bestehenden und beim Erstellen von neuen Informationsmedien (Broschüren, Website, Newsletter). Geplant ist z.B. eine Broschüre zum Thema „Radon und Bauen“, welche eine differenzierte Darstellung von Radonschutzmaßnahmen in neu zu errichtenden und bestehenden Gebäuden enthalten soll. Radonschutz soll auch in Veröffentlichungen Dritter, die einen sachlichen Bezug dazu aufweisen, eingebracht werden. So wurde z. B. bereits die „Bauherrenmappe“ der SAENA, die voraussichtlich im Dezember 2013/Januar 2014 in der Webversion erscheint, entsprechend ergänzt.
Des Weiteren sollen kontinuierlich Informationen zum Radonschutz an die sächsischen Kommunen vermittelt werden.

Als wesentliche Informationsveranstaltungen sind einerseits der bereits etablierte jährliche „Sächsische Radontag“, andererseits möglichst jährliche Veranstaltungen zu Spezialthemen geplant. Im Dezember 2013 soll gemeinsam mit der sächsischen Architektenkammer, der sächsischen Ingenieurkammer und dem Verband der Bauindustrie Sachsen/Sachsen-Anhalt ein Workshop durchgeführt werden, bei dem Referenten aus dem Baubereich aus ca. 10 bis 12 europäischen Mitgliedstaaten über ihre Erfahrungen und die Vorstellungen in Bezug auf die künftige EU GN berichten werden.
Die Beteiligung der Radonberatungsstelle an Messen (z. B. Haus) und an Weiterbildungsveranstaltungen von Bauinstitutionen zum Thema Radonschutz soll fortgesetzt werden.
Die Veröffentlichung von Berichten über den Radonschutz betreffende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ist ebenfalls weiterhin Teil der Kommunikationsstrategie.

Außerdem sollen die Kontakte zu den Partnern im Baubereich (Kammern, Verbände) und deren soziale Medien/Informationskanäle zur besseren Erreichbarkeit der Zielgruppen genutzt werden.

4.2 Beratungen (Radonberatungsstelle)

Die sächsische Radonberatungsstelle, welche seit 1992 arbeitet, soll weiterhin beratend für die breite Öffentlichkeit agieren sowie für die praktische Umsetzung von Messprogrammen zur Verfügung stehen. Für die im Rahmen des Nationalen Aktionsplans geforderten Erhebungen werden diese Messprogramme eine Grundlage bilden. In Abhängigkeit von der konkreten Ausgestaltung des Aktionsplans müssen ggf. weitere oder umfassendere Messprogramme durchgeführt werden.

4.3 Messprogramme

Im Fokus der Messprogramme der Radonberatungsstelle sollen zunächst sensible öffentliche Gebäude, wie Schulen, stehen. In Vorbereitung wurden in 2012 bereits an vier Schulgebäuden in zwei Landkreisen umfangreiche systemische Messungen durchgeführt.
Neben dem Schulmessprogramm soll ein weiterer Schwerpunkt in der Erfassung der weiteren Auswirkungen von energetischen Sanierungen auf die Radonsituation in Gebäuden liegen.

4.4 Unterstützung durch Förderprogramme

Im Zuge der bisherigen Aktivitäten wurde verdeutlicht, dass Maßnahmen an Neubauten und Sanierungsmaßnahmen an bestehenden Gebäuden in vielen Fällen mit relativ geringem Aufwand erfolgreich sein können. Diese können z.B. auch im Rahmen von energetischen Sanierungen erfolgen, für die bereits andere Fördermöglichkeiten bestehen. Eine eigene finanzielle Förderung von Baumaßnahmen ist deshalb derzeit nicht Ziel der sächsischen Radonstrategie.

4.5 Aus- und Weiterbildung zum Radonschutz

Eine wesentliche Grundlage für einen erfolgreichen Radonschutz sind Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen für alle Bereiche, die einen Beitrag zum Strahlenschutz leisten können. Dies sind vor allem die Bau- und Wohnungslüftungsbranchen.
Um dies zu erreichen sind Module der Aus- und Weiterbildung sowie Qualitätssicherung in den entsprechenden Bereichen zu implementieren. Dazu gehören z. B.:

- Ergänzung von Radonschutzmaßnahmen in bestehende Baunormen sowie Regel- und Nachschlagewerke des Bauwesens (z. B. Steckbriefe Radon und Innenraumhygiene des BNB; Beiblatt Radon zur Norm Kellerlüftung)
- Implementierung in bestehende Weiterbildungs- und Qualifizierungsmaßnahmen von Kammern und Verbänden
- Einführung der Themenstellung in die Hochschulausbildung (Bau- und Lüftungswesen)
- Unterstützung der o. g. Branchen bei der Erarbeitung von Weiterbildungs- und Lehrmaterialien.

4.6 Einbindung betroffener Institutionen

Als Basis für eine Vermittlung der Fragestellung an die Baubranche wurden Kontakte u. a. zu folgenden Institutionen aufgenommen:

- IHK,
- Sächsische Architektenkammer,
- Sächsische Ingenieurkammer,
- Sächsische Bildungsagentur (Bau) und Berufsförderungswerk Bau sowie
- Bauindustrieverband Sachsen und, Sachsen-Anhalt

Themen sind, neben grundsätzlichen Informationen zu Radon, die anstehende EU-Grundnorm und die Rolle des Bauwesens bei der Umsetzung. Dazu gilt es gemeinsam Wege zur Qualifizierung von Baufachkräften zu erschließen. Bildungseinrichtungen (Hochschulen, Kammern, Berufsschulen, allgemeinbildende Schulen...) und Verbände (Baufirmen, Hersteller von Lüftungs- und Dichtungstechnik) sollen weitere Partner bei der Implementierung einer Infrastruktur zum Radonschutz sein.

4.7 Zusammenarbeit mit anderen Bundesländern

In den vergangenen zwei Jahrzehnten gab es verschiedentlich mit den Bundesländern eine Zusammenarbeit, die sich bereits mit der Radonproblematik befassten. Seit dem Jahr 2012 wurde diese Zusammenarbeit mit den zuständigen Kollegen in Bayern vor dem Hintergrund der anstehenden EU-Grundnorm intensiviert.

5. Literaturverzeichnis

[1] Proposal for a Councel-Directive laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation (aktuelle Fassung vom 24. Mai 2013)

[2] 90/143/Euratom, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 80 vom 27.03.1990, S. 26-28

[3] WHO Handbook on Indoor Radon – A Public Health Perspective, Hajo Zeeb& Ferrid Shannoun (eds.), ISBN 978 92 4 154767 3, WHO 2009

[4] International Commission on Radiological Protection Statement on Radon, Approved by the Commission in November 2009, ICRP Ref 00/902/09, 2009

[5] IAEA Safety Standards for Protecting People and the Environment – Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards (Interim Edition) General Safety Requirements Part 3, No. GSR Part 3 (Interim), Vienna, November 2011

Themenblock
Augenlinse

KATARAKT-INDUKTION DURCH IONISIERENDE STRAHLUNG

W.-U. Müller

Institut für Medizinische Strahlenbiologie, Universitätsklinikum Essen, Deutschland

Zusammenfassung
Bis vor kurzem ging man davon aus, dass die Katarakt (grauer Star, Linsentrübung des Auges) ein deterministischer Effekt ist mit einer Schwellendosis von mehreren Gray in Abhängigkeit von den Expositionsbedingungen. Untersuchungen in Hiroshima/Nagasaki, in der Umgebung Tschernobyls, bei amerikanischen Röntgen-Assistenten/innen, Astronauten und Patienten mit mehreren Computer-Tomographien im Kopfbereich haben jedoch gezeigt, dass diese Einschätzung nicht richtig ist. In der Vergangenheit war nicht berücksichtigt worden, dass mit sinkender Dosis die Latenzzeit immer länger wird. Daher wurden die ursprünglichen Studien nach zu kurzen Zeiträumen abgebrochen. Die neueren Studien zeigen, dass für den Fall, dass überhaupt eine Schwellendosis existiert, sie sicherlich unter 0,8 Gy liegt, und zwar unabhängig davon, ob die Dosis akut oder chronisch einwirkt. Allerdings schließen alle Studien die 0 Gy im Konfidenzintervall mit ein, so dass das Fehlen einer Schwellendosis nicht ausgeschlossen werden kann. Die deutsche Strahlenschutzkommission (SSK) hat vor diesem Hintergrund unter anderem vorgeschlagen:·gezielte Erfassung der Linsendosis bei zu erwartender signifikanter Linsenexposition;·Untersuchung der Augenlinse bei der Strahlenschutz-untersuchung von Personen mit hoher Linsenexposition;· Erforschung der Mechanismen der strahleninduzierten Kataraktentstehung. Die internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) geht aktuell von einer Schwellendosis von 0,5 Gy aus und hat auf dieser Basis im Jahr 2011 vorgeschlagen, den Grenzwert für die Augenlinse von derzeit 150 mSv im Kalenderjahr auf 20 mSv im Kalenderjahr herabzusetzen.

Summary
Until recently it was believed that the cataract (opacity of the eye lens) is a deterministic effect with a dose threshold of several Gray in dependence on the exposure conditions. Studies in Hiroshima and Nagasaki, in the vicinity of Chernobyl, of American radiologic technologists, astronauts, and patients after having received several computer tomographies of the head region, however, have shown that this assumption is not correct. It had been overlooked in the past that with decreasing dose the latency period is increasing. Therefore, the originally available studies were terminated too early. The more recent studies show that, in the case of a threshold existing at all, it is definitely below 0.8 Gy independently of an acute or a chronic exposure. All studies, however, include 0 Gy in the confidence interval, so that the absence of a dose threshold cannot be excluded. The German Commission on Radiological Protection (Strahlenschutzkommission, SSK) suggested therefore among others: targeted recording of the lens dose during activities which are known to be associated with possible significant lens exposure, examination of the lens should be included as appropriate in the medical monitoring of people occupationally exposed to radiation, if there is potentially high lens exposure, adoption of research strategies to develop a basic understanding of the mechanisms underlying radiation induced cataracts. The International Commission on Radiological Protection (ICRP) actually assumes a threshold dose of 0.5 Gy and, based on this assumption, has recommended in 2011 to reduce the dose limit for the eye lens from 150 mSv in a year to 20 mSv in a year for people occupationally exposed to ionising radiation.

Schlüsselwörter *Katarakt, Augenlinse, Schwellendosis, deterministischer Effekt*
Keywords *cataract, eye lens, threshold dose, deterministic effect*

1. Einleitung

Es ist seit langem bekannt, dass ionisierende Strahlung Katarakte (grauer Star, Linsentrübung des Auges) auslösen kann [1]. Allerdings glaubte man bis vor kurzem, dass Katarakte klassische deterministische Effekte seien mit Schwellendosen im Bereich von mehreren Gray in Abhängigkeit von den Expositionsbedingungen [2, 3]. Wie im Folgenden dargelegt werden wird, hat sich diese Einschätzung deutlich geändert (siehe hierzu auch folgende Übersichten: [4-6]).

2. Entstehung einer strahleninduzierten Katarakt

Die Augenlinse besteht überwiegend aus lichtdurchlässigem, proteinhaltigem, weitgehend strahlenunempfindlichem Material (Linsenkern). Strahlenempfindlich sind die Zellen des Linsenepithels, das ringförmig um den Linsenkern angeordnet ist. Diese zum großen Teil teilungsaktiven Zellen verlieren, wenn sie ihren Zielort erreicht haben, nach und nach alle Zellorganellen und werden Bestandteil des Linsenkerns. Schädigung dieser Zellen kann zu einer Katarakt führen. Früher ging man davon aus, dass strahleninduzierte Katarakte am hinteren Linsenpol ihren Ursprung haben („posteriore subkapsuläre Katarakte“); inzwischen gibt es aber Hinweise, dass auch andere Katarakt-Typen durch ionisierende Strahlung hervorgerufen werden können [7].

3. Einflussfaktoren

Als Schwierigkeit kann sich herausstellen, dass zahlreiche andere Noxen eine Katarakt auslösen können. Es ist nicht immer einfach herauszufinden, durch welche Noxe eine bestimmte Katarakt induziert worden ist, denn Katarakte hängen von einer ganzen Reihe von Faktoren ab:

- Alter (steiler Anstieg oberhalb von etwa 60 Jahren)
- Geschlecht (höheres Risiko bei Frauen)
- Genetische Prädisposition
- Erkrankungen (Diabetes mellitus, Hypertonie, Hypercholesterinämie)
- Nikotin
- Medikamente (Steroidhormone und Analoga)
- Mechanische Einwirkungen („Tennisball“-Trauma)
- Verletzungen der Linsenkapsel (Fremdkörper, Operationen)
- Chronische Aderhautentzündungen
- Infrarot-, UV-Strahlung (berufliche Exposition, Freizeitgewohnheiten)
- Ionisierende Strahlung.

Diese Vielfalt macht epidemiologische Analysen schwierig, denn es ist nicht einfach zu entscheiden, ob eine Katarakt durch ionisierende Strahlung ausgelöst worden ist oder nicht. Dies gilt insbesondere auch, weil ein in der Vergangenheit für zuverlässig gehaltener Indikator (Lokalisation „posterior subkapsulär“) so zuverlässig wohl nicht ist [7].

4. Diagnostik

Es gibt zwei Techniken, um eine Katarakt zu diagnostizieren. Häufig wird die sogenannte Spaltlampe eingesetzt. Sie hat den Nachteil, dass die Ermittlung des Grades einer Katarakt sehr subjektiv ist, wodurch viele Ergebnisse nicht vergleichbar sind. Dies ist deutlich besser bei Verwendung der Scheimpflugkamera, die eine quantitative Graduierung erlaubt. Leider basieren viele epidemiologische Untersuchungen auf Spaltlampen-Ergebnissen, was ihre Aussagekraft deutlich einschränkt, denn häufig können einzelne Stadien nicht voneinander unterschieden werden, so dass Stadien, die sich nie zu einer voll ausgereiften Katarakt entwickeln werden, den Katarakten zugerechnet werden.

5. Erkenntnisse aus Tierversuchen zum Mechanismus der Entstehung strahleninduzierter Katarakte

Systematische Tierversuche haben viel Licht in die Entstehung strahleninduzierter Katarakte gebracht. Demnach sieht der Ablauf etwa folgendermaßen aus:

- Zunächst Abnahme der Teilungsaktivität im Linsenepithel.
- Dann eine überschießende Teilungsaktivität mit zahlreichen abnormen Zellen.
- Volumenzunahme der Linsenepithelzellen und der Linsenfasern.
- Auflösung der organisierten Struktur der Zone, in der die Faserbildung beginnt.
- Akkumulation untypischer, teilweise kernhaltiger Faserzellen.

Ganz ähnlich dürfte der Ablauf auch beim Menschen sein. Es wird v.a. deutlich, dass die strahleninduzierte Katarakt nichts mit direkten Veränderungen am Linsenkern selbst zu tun hat (was auch wegen des Fehlens lebender Zellen schwer verständlich wäre), sondern dass die Katarakt ausgeht von Schäden in den Zellen des Linsenepithels.

6. Epidemiologische Ergebnisse

In der ferneren Vergangenheit hat es zahlreiche epidemiologische Studien zu strahleninduzierten Katarakten gegeben. Ein großer Mangel dieser Studien bestand darin, dass nicht beachtet worden ist, dass die Latenzzeit mit sinkender Strahlendosis stark zunimmt. Daher wurden diese Studien abgebrochen, bevor sich der Schaden manifestieren konnte, beziehungsweise es wurden Zwischenergebnisse publiziert, die suggerierten, dass die Kataraktentstehung ein Hoch-Dosis-Problem im Bereich mehrerer Gray sei. Auf diesen Ergebnissen basierte dann auch der Grenzwert von 150 mSv im Kalenderjahr für beruflich Strahlenexponierte der Kategorie A.

Zahlreiche neuere, bzw. über längere Zeiträume durchgeführte Studien liefern ein deutlich anderes Bild. Zu diesen Studien gehören Untersuchungen an:

- Überlebenden von Hiroshima und Nagasaki [7-9]
- Liquidatoren aus Tschernobyl [10]
- beruflich strahlenexponierten Personen (z.B. „Radiologic technologists“ USA) [11]
- Patienten nach diagnostischer und/oder therapeutischer Bestrahlung [12]
- Gruppen mit hoher Strahlenexposition aus der Umwelt (z.B. Piloten und Astronauten) [13-16]

Gemeinsame Merkmale dieser Studien waren:

- Es konnte kein Schwellenwert nachgewiesen werden, unterhalb dessen eine Schädigung der Augenlinse mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann.
- Die niedrigsten gemessenen bzw. rekonstruierten Dosen bewegen sich in einem Bereich von 5-100 mGy.
- Die Ergebnisse gelten für kurzzeitige und für chronische Expositionen.

Insbesondere das letztere Ergebnis ist überraschend, da man in der Vergangenheit davon ausgegangen war, dass chronische Expositionen etwa um den Faktor 4 bis 5 geringere Effekte auslösen als akute Expositionen. Dieses Ergebnis spricht auch dafür, dass es sich bei der Katarakt um keinen klassischen deterministischen Effekt handelt (wie in der Vergangenheit vermutet), da bei deterministischen Effekten die Dosisleistung eine erhebliche Rolle spielt, während dies bei stochastischen Effekten zumindest fraglich ist.

7. Probleme bei strahlenbedingten Berufskrankheiten (BK 2402)

In der Vergangenheit hat die Frage, ob eine Katarakt möglicherweise durch eine beruflich bedingte Strahlenexposition ausgelöst worden ist, keine Rolle gespielt, da man davon ausging, dass bei Einhaltung der Grenzwerte die damals angenommenen Schwellendosen nicht überschritten worden sein können. Wegen der inzwischen anderen Sichtweise hat sich dies geändert. Das aktuelle Problem besteht allerdings darin, dass es bisher nur unzureichende Daten zu alters- und geschlechtsabhängigen Risikofaktoren nach Einwirkung ionisierender Strahlung gibt. Damit ist es zur Zeit nicht möglich, Verursachungswahrscheinlichkeiten zu berechnen, was für die Anerkennung oder Ablehnung einer Berufskrankheit gemäß der Ziffer 2402 zumindest eine erhebliche Rolle spielt. Hier werden dringend weitere Daten benötigt.

8. Schlussfolgerungen für den Strahlenschutz

Es ist klar, dass die oben beschriebenen neuen Erkenntnisse Auswirkungen auf den Strahlenschutz haben müssen. Allerdings ist die deutsche Vorgehensweise im Augenblick noch verschieden von dem, was ICRP (International Commission on Radiological Protection) vorgeschlagen hat.

8.1 SSK-Empfehlung

Die Strahlenschutzkommission (SSK) hat im Jahr 2009 unter anderem folgende Empfehlungen ausgesprochen [5]:

- Anpassung der Regelungen in den Verordnungen an die neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse
- Erfassung der Linsendosis bei Tätigkeiten mit signifikanter Linsenexposition
- Schutzmaßnahmen
- Einbeziehung der Augenlinse in die medizinische Überwachung bei potentieller Linsenexposition
- Erforschung der Mechanismen (insbesondere genetische Prädisposition, Dosis-Wirkungsbeziehung).

Die SSK hat bewusst keine Änderung der Grenzwerte empfohlen, obwohl klar war, dass eine solche Änderung notwendig ist. Die SSK ist auch gar nicht zuständig für Grenzwerte, sondern dies ist Aufgabe des Umweltministeriums (BMU). In die Grenzwerte geht eben nicht nur die Wissenschaft ein (für Empfehlungen auf diesem Gebiet ist die SSK zuständig), sondern eine ganze Reihe weiterer Aspekte.

8.2 ICRP-Empfehlung

Die ICRP hat im Jahr 2011 zur Überraschung aller die sehr drastische Absenkung des Grenzwertes von 150 mSv im Jahr auf 20 mSv im Jahr für beruflich Strahlenexponierte empfohlen. Diese Empfehlung ist bereits in den Entwurf der Europäischen Richtlinie übernommen worden, so dass zu erwarten ist, dass dieser Grenzwert in absehbarer Zeit in den deutschen Verordnungen auftauchen wird. Das Problem ist: sollte sich in der Zukunft herausstellen, dass dieser Grenzwert zu vorsichtig gewählt ist, dann wird man ihn dennoch nicht mehr ändern können, denn eine „Aufweichung“ von Grenzwerten ist bei der derzeit so emotional geführten Diskussion um Strahlenrisiken in Deutschland nicht durchführbar.

9. Zusammenfassung

- Die neuen strahlenepidemiologischen und strahlenbiologischen Erkenntnisse weisen darauf hin, dass das Katarakt-Risiko nach Einwirkung ionisierender Strahlung bisher deutlich unterschätzt wurde.
- Eine intensivere Messung der Augenlinsen-Dosis ist unumgänglich und verbesserte Schutzmaßnahmen sind notwendig.
- Ob die sehr drastische Empfehlung der ICRP, den Grenzwert auf 20 mSv im Jahr zu reduzieren, auf der Basis des aktuellen Wissensstandes sinnvoll ist, ist fraglich, wird aber wohl nicht mehr aufzuhalten sein.

10. Literaturverzeichnis

[1] G.V.A. Birch-Hirschfeld, Die Wirkung der Röntgen- und Radiumstrahlen auf das Auge, Arch. Ophthalmol., 59, p. 229, 1904

[2] ICRP: ICRP publication 60: 1990 recommendations of the International Commission on Radiological Protection.1991,

[3] ICRP: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection; ICRP Publ. 103.2008, pp. 1-332

[4] E.A. Ainsbury, et al, Radiation cataractogenesis: a review of recent studies, Radiation Research, 172, p. 1, 2009

[5] SSK: Strahleninduzierte Katarakte (downloadbar von www.ssk.de).2009

[6] E.A. Blakely, et al, Radiation cataractogenesis: epidemiology and biology, Radiation Research, 173, p. 709, 2010

[7] E. Nakashima, K. Neriishi, A. Minamoto, A reanalysis of atomic-bomb cataract data, 2000-2002: a threshold analysis, Health Physics, 90, p. 154, 2006

[8] A. Minamoto, et al, Cataract in atomic bomb survivors, International Journal of Radiation Biology, 80, p. 339, 2004

[9] K. Neriishi, et al, Postoperative cataract cases among atomic bomb survivors: radiation dose response and threshold, Radiation Research, 168, p. 404, 2007

[10] B.V. Worgul, et al, Cataracts among Chernobyl clean-up workers: implications regarding permissible eye exposures, Radiation Research, 167, p. 233, 2007

[11] G. Chodick, et al, Risk of cataract after exposure to low doses of ionizing radiation: a 20-year prospective cohort study among US radiologic technologists, American Journal of Epidemiology, 168, p. 620, 2008

[12] B.E. Klein, R. Klein, K.L. Linton, T. Franke, Diagnostic x-ray exposure and lens opacities: the Beaver Dam Eye Study, Am. J. Public Health, 83, p. 588, 1993

[13] F.A. Cucinotta, et al, Space radiation and cataracts in astronauts, Radiation Research, 156, p. 460, 2001

[14] N. Rastegar, P. Eckart, M. Mertz, Radiation-induced cataract in astronauts and cosmonauts, Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol., 240, p. 543, 2002

[15] V. Rafnsson, et al, Cosmic radiation increases the risk of nuclear cataract in airline pilots: a population-based case-control study, Arch. Ophthalmol., 123, p. 1102, 2005

[16] J.A. Jones, et al, Cataract formation mechanisms and risk in aviation and space crews, Aviat. Space Environ. Med., 78, p. p. A56-A66, 2007

ÜBERWACHUNG DER AUGENLINSE: WIE REAGIEREN DIE INTERNATIONALEN ORGANISATIONEN?

R. Behrens

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) Braunschweig, Deutschland

Zusammenfassung
Die ICRP hat ihre Grenzwertempfehlung für die Dosis der Augenlinse für beruflich strahlenexponierte Personen auf durchschnittlich 20 mSv pro Jahr (gemittelt über 5 Jahre mit maximal 50 mSv pro Jahr) gesenkt; sowohl die europäische Kommission als auch die IAEA übernahmen diese Reduzierung in ihre jeweiligen Strahlenschutz-Grundnormen. Bereits davor (und seither verstärkt) gab und gibt es diverse internationale Aktivitäten, unter anderem:
Die ICRP übernahm ein stilisiertes Model der Augenlinse zur Berechnung von Dosiskonversionskoeffizienten für ihren Bericht ICRP 116.
Die Europäische Union hat das Projekt ORAMED zum Thema Strahlenschutz in der Medizin gefördert.
Die IEC hat in der Norm IEC 62387 über passive Dosimetriesysteme Anforderungen an $H_p(3)$-Augendosimeter festgelegt.
Die ISO bzw. die IAEA geben in der Verfahrensnorm ISO 15382 bzw. in einem technischen Dokument TecDoc (beide noch im Entwurfsstadium) diverse praktische Hinweise sowohl zum Strahlenschutz als auch zur Dosimetrie.
Die ICRU empfiehlt für die meisten Anwendungen beide Phantome (Quader und Zylinder).
Fazit: Nationalen Vorgehensweisen können sich meistens an internationalen orientieren, trotzdem bleiben einige Fragen offen.

Summary
The ICRP has lowered its recommendation for the limit of the dose to the lens of the eye for occupationally exposed persons down to 20 mSv per year on average (mean value of 5 years with 50 mSv per year at maximum); both the European Commission and the IAEA have adopted this reduction in their respective basic safety standards. Even before this (and still more since then) several international activities were started (among others):
The ICRP adopted a stylised model of the eye lens for the calculation of dose conversion coefficients for their report ICRP 116.
The European Commission funded the ORAMED project dealing with radiation protection in medicine.
The IEC fixed requirements for $H_p(3)$ eye dosemeters in their standard IEC 62387 on passive dosimetry systems.
The ISO and the IAEA give a variety of practical advice in the standard ISO 15382 and in a technical document TecDoc (both still drafts) for both radiation protection as well as dosimetry.
The ICRU recommends both phantoms, the slab and the cylinder, for most cases.
In short: Most national procedures can orientate themselves by referring to international ones; however, some questions remain open.

Schlüsselwörter *Augenlinsendosis, internationale Organisationen, Messgrößen*
Keywords *Dose to the lens of the eye, international organizations, quantities*

1. Einleitung

Im April 2011 hat die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) ihre Grenzwertempfehlung für die Augenlinsendosis für beruflich Exponierte auf durchschnittlich 20 mSv pro Jahr (gemittelt über 5 Jahre mit maximal 50 mSv pro Jahr) gesenkt [1]. Ursache ist, dass epidemiologische Studien gezeigt haben, dass die Augenlinse empfindlicher auf ionisierende Strahlung ist als in zuvor angenommen (ICRP 118 [2]). Noch in den Grundsatzempfehlungen von 2007 (ICRP 103 [3]) wurde von einer Schwellendosis für die Kataraktentstehung von 2 bis 5 Gy ausgegangen (für akute bzw. zeitlich ausgedehnte Expositionen) – nun wird ein einheitlicher Wert von 0,5 Gy angenommen, möglicherweise existiert gar keine Schwelle [2]. Die Grenzwertempfehlung für die Bevölkerung bleibt unverändert bei 15 mSv pro Jahr [3].

Bereits vor 2011 erschienen sowohl wissenschaftliche Veröffentlichungen als auch durch internationale Organisationen herausgegebene Dokumente zu dem Thema; diese Aktivitäten haben sich seit April 2011 noch verstärkt. In dieser Arbeit werden insbesondere die Reaktionen der verschiedenen internationalen Organisationen dargelegt.

2. Aktionen der internationalen Organisationen

2.1 Internationale Strahlenschutzkommssion (ICRP)

Die ICRP übernahm ein stilisiertes Model der Augenlinse [4] zur Berechnung von Dosiskonversionskoeffizienten zur Ermittlung der Organdosis der Augenlinse (Augenlinsendosis) für ihren Bericht ICRP 116 [5]. Dieses Modell unterscheidet erstmals zwischen dem besonders strahlenempfindlichen Bereich der Augenlinse (Rand der Linse im vorderen Bereich) und dem eher unempfindlichen Teil (Mitte und hinterer Bereich). Für beide Bereiche getrennt sind Dosiskonversionskoeffizienten verfügbar [6], [7]. Obwohl diese Tatsache im Bericht ICRP 116 diskutiert wird, verwendet die ICRP nach wie vor die Werte, welche über die gesamte Linse gemittelt wurden. Das führt teilweise zu einer signifikanten Unterschätzung der Augenlinsendosis, insbesondere in Betastrahlungsfeldern [8].

Mit dem Bericht ICRP 118 [2] legte die ICRP in 2012 ein über 300 Seiten starkes Werk über Gewebereaktionen auf ionisierende Strahlung vor. Darin werden sowohl Akut- wie auch Spätschäden als auch Schwellendosiswerte für Reaktionen betrachtet. Neben der Augenlinse werden noch zehn weitere Organe und Gewebe wie z.B. die Haut, das Verdauungssystem, das Muskel- und Skelettsystem und das Nervensystem behandelt.

2.2 Europäische Union (EU)

Innerhalb des siebten Rahmenprogramms hat die europäische Kommission das von 2008 bis 2011 laufende Projekt ORAMED (Optimization of Radiation Protection of Medical Staff) zum Thema „Strahlenschutz in der Medizin“ gefördert [9]. Zwei von fünf Arbeitspaketen des Projektes befassten sich mit der Dosimetrie der Augenlinse: Darin wurden sowohl praktische Strahlenschutzmaßnahmen als auch ein neues Zylinderphantom (20 cm im Durchmesser und 20 cm hoch [10]) zur Darstellung der Messgröße $H_p(3)$ entwickelt. Bereits hier wurde erkannt, dass in gewissen Strahlungsfeldern (insbesondere bei signifikantem Beitrag durch Betastrahlung) die Messgröße $H_p(3)$ für eine angemessene Abschätzung der Augenlinsendosis notwendig ist, da weder $H_p(0{,}07)$ noch $H_p(10)$ die Augenlinsendosis hinreichend genau abschätzt. In Anbetracht dessen ist zur Kenntnis zu nehmen, dass die noch in ICRP 103 empfohlene Einstellung des Gebrauchs der Messgröße $H_p(3)$ nicht mehr zeitgemäß ist.

Bereits im Entwurf der neuen EU-Grundnorm im Strahlenschutz (Grundlegende Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung) vom November 2011 wurde die neue Grenzwertempfehlung übernommen. Auch im aktuellen Entwurf der EU-Grundnorm vom Mai 2013 sind die Werte der ICRP übernommen. Neben dem neuen Grenzwert für beruflich Strahlenexponierte ist in dem Entwurf auch eine Schwelle von 15 mSv Augenlinsendosis pro Jahr genannt, oberhalb derer Personen als Kategorie A eingestuft werden sollen, d.h. deren regelmäßige Überwachung soll mittels Personendosimetern erfolgen. Unterhalb 15 mSv pro Jahr sollen Personen als Kategorie B eingestuft werden, d.h. es muss nachgewiesen werden, dass die Einstufung richtig vorgenommen wurde, z.B. mittels Orts- oder Personendosimetrie. Obwohl der Grenzwert für die effektive Dosis ebenso 20 mSv pro Jahr beträgt, ist hier die oben genannte Schwelle zu 6 mSv pro Jahr festgelegt. Hintergrund für die 15 mSv pro Jahr bei der Augenlinsendosis ist wohl der entsprechende Grenzwert für die Bevölkerung, unterhalb dessen keine Kategorie A-Einstufung vorgenommen werden soll.

2.3 Internationale Atomenergiebehörde (IAEA)

Analog zur EU hat auch die IAEA bereits im Jahr 2011 die neue Grenzwertempfehlung von 20 mSv pro Jahr in den Schlussentwurf ihrer neuen Grundnorm übernommen [11]. Im Unterschied zur EU gibt es die Schwelle von 15 mSv pro Jahr und die entsprechende Einteilung in Kategorie A und Kategorie B Personen in der IAEA-Grundnorm nicht. Vielmehr wird zwischen Personen unterschieden, die regelmäßig in Kontrollbereichen tätig sind oder die eine signifikante Dosis erhalten können und solchen, bei denen das üblicherweise nicht der Fall ist. Die Konsequenz ist die gleiche: Für die erste Personengruppe soll eine regelmäßige Personendosimetrie erfolgen, für die zweite Gruppe kann Orts- oder Personendosimetrie durchgeführt werden.

Zur Konkretisierung der Auswirkungen der Grenzwertsenkung erstellt die IAEA zurzeit ein technisches Dokument (TecDoc) mit konkreten Empfehlungen sowohl zum praktischen Strahlenschutz als auch insbesondere zur Durchführung der Dosimetrie [12]. Für letzteres sind ausführliche Tabellen vorhanden, anhand derer in Abhängigkeit von der Geometrie des Strahlungsfeldes, von den verwendeten Schutzmaßnahmen und von der auftretenden Strahlungsart und –energie eine angemessene Methode der Dosimetrie empfohlen wird. Einerseits wird klargestellt, dass die Verwendung der Messgröße $H_p(3)$ die genauesten Ergebnisse liefert, dass sie andererseits aber nur in Strahlungsfeldern mit signifikantem Beitrag durch Betastrahlung unumgänglich ist. In anderen Strahlungsfeldern ist auch die Verwendung der Messgrößen $H_p(0{,}07)$ bzw. $H_p(10)$ möglich (je nach den oben genannten Einflussgrößen).

2.4 Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC)

Ende 2012 erschien die Norm IEC 62387 [13] über passive Dosimetriesysteme, erstmals inklusive Anforderungen an $H_p(3)$-Augendosimeter. Zur Durchführung von Typprüfungen in Photonen- und Betastrahlungsfeldern sind Konversionsfaktoren für die Messgröße $H_p(3)$ enthalten[1)]. Diese sind für das bereits lange im Gebrauch befindliche Quaderphantom angegeben (obwohl auch Werte für das neue Zylinderphantom verfügbar waren). Damit wird sichergestellt, dass die Prüflabore auch mit dem Quaderphantom hinreichend ausgerüstet sind. Eine Übernahme der Norm als EN- und damit DIN-Norm ist in Vorbereitung.

[1)] Üblicherweise sind Konversionskoeffizieten in ISO-Normen angegeben. Das ist jedoch für die Messgröße $H_p(3)$ noch nicht der Fall, da die entsprechenden Überarbeitungen noch ausstehen, siehe nächster Abschnitt 2.5.

Die Norm IEC 61331-3 [14] (in Überarbeitung) über medizinische Schutzausrüstungen enthält erstmals Anforderungen an Schutzbrillen. Darin sind z.B. minimale Schwächungsfaktoren bzw. Bleigleichwertdicken gefordert ebenso wie die seitliche Abschirmung der Augen.

2.5 Internationale Organisation für Standardisierung (ISO)

Die Verfahrensnorm ISO 15382 [15] (in Überarbeitung) zur Überwachung der Augenlinse, der Haut und der Extremitäten wird insbesondere bezüglich der Hinweise zur Dosimetrie sehr ähnlich zum technischen Dokument der IAEA sein (siehe Abschnitt 2.3). Darüber hinaus ist im gegenwärtigen Entwurf eine Schwellendosis von 3/10 des Grenzwertes auch für die Augenlinsendosis genannt, oberhalb derer Personendosimetrie regelmäßig durchgeführt werden soll (d.h. 6 mSv bei Zugrundelegung des über 5 Jahre gemittelten Grenzwertes der Augenlinse von 20 mSv bzw. 15 mSv bei Zugrundelegung des Jahresgrenzwertes von 50 mSv). Hier zeigt sich ein geringer Unterschied zum EU-Grundnormentwurf, in dem eindeutig 15 mSv als Schwelle genannt ist, siehe 2.2.

Die Normenreihen für Referenzstrahlungsfelder für Photonen, ISO 4037 [16], und Betastrahlung, ISO 6980 [17], sollen zukünftig überarbeitet werden. Bei beiden ist es geplant, die Messgröße $H_p(3)$ einzubringen.

2.6 Internationale Kommission für Strahlungseinheiten und -messungen (ICRU)

In einer Stellungnahme vom Februar 2013 stellt die ICRU klar, dass $H_p(3)$ die empfohlene Messgröße zur Dosimetrie der Augenlinse ist. Die Frage der Phantomwahl beantwortet die ICRU damit, dass beide (Quader und Zylinder) geeignet sind, wobei das Zylinderphantom insbesondere bei Tests mit großen Winkeln zu bevorzugen ist. Signifikante Unterschiede ergeben sich jedoch lediglich für Winkel oberhalb 75° [8]. Darüber hinaus plant die ICRU, Referenzwerte für die Konversionskoeffizienten für Elektronen-, Photonen- und Neutronenstrahlung für die Messgröße $H_p(3)$ auf der Basis von bereits veröffentlichten Daten anzugeben. Abschließend wird klargestellt, dass die Messgrößen $H_p(0{,}07)$ und $H_p(10)$ zur Überwachung der Augenlinse eingesetzt werden können, wenn die Strahlungsfelder gut bekannt sind, dass dann jedoch mit größeren Unsicherheiten zu rechnen ist.

2.7 Übersicht über Grenz- und Schwellenwerte

In Tabelle 1 sind die Grenzwerte und die Schwellenwerte, oberhalb derer regelmäßig Personendosimetrie erfolgen soll, angegeben. Während die Grenzwerte in allen Dokumenten gleich sind, gibt es Unterschiede bei den Schwellwerten.

Tab. 1: Grenz- und Schwellenwerte pro Jahr für die Augenlinsendosis.

Organisation / Dokument	Grenzwert für beruflich Exponierte	Grenzwert für die Bevölkerung	Schwellwert für regelm. Personendosimetrie für beruflich Exponierte
ICRP	20 mSv (im 5-Jahresmittel), maximal 50 mSv	15 mSv	—
EU-Grundnorm	siehe oben	15 mSv	15 mSv
IAEA-Grundnorm	siehe oben	15 mSv	Regelmäßiger Aufenthalt im Kontrollbereich oder möglicherweise Erhalt einer signifikanten Dosis
ISO 15382	siehe oben	— [a)]	3/10 des Grenzwertes, d.h. 6 mSv bzw. 15 mSv im 5-Jahresmittel bzw. in 1 Jahr

[a)] In der ISO 15382 ist kein Grenzwert für die Bevölkerung enthalten, da der Anwendungsbereich ausschließlich beruflich Exponierte beinhaltet.

3. Diskussion

Mit den beschriebenen internationalen Papieren und Normen werden eine Vielzahl von Fragenstellungen beantwortet und somit die nationalen Vorgehensweisen vorgezeichnet. Einige wichtige Punkte bleiben jedoch nach wie vor auf der Agenda:

- Sollte weiterhin ignoriert werden, dass nur ein Teil der Augenlinse besonders strahlenempfindlich ist und damit die relevante Dosis teilweise unterschätzt wird?
- Wie kann eine möglichst breite Akzeptanz des Gebrauchs von Schutzmaßnahmen wie z.B. Schutzbrillen geschweige denn Augendosimetern erreicht werden?
- Oberhalb welcher zu erwartender jährlicher Augenlinsendosis sollte eine regelmäßige Personendosimetrie durchgeführt werden? 6 mSv, 15 mSv oder ein anderer Wert?
- Konversionskoeffizienten für die Ortsdosismessgröße $H'(3)$ sind nicht verfügbar. Daher ist es nicht möglich, Ortsdosimeter für diese Messgröße zu optimieren. Hier wird großer Handlungsbedarf gesehen, denn mit direkt ablesbaren Ortsdosimetern, welche auch in gepulsten Strahlungsfeldern geeignet sind, wäre eine Abschätzung der Augenlinsendosis an unterschiedlichen Arbeitsplätzen einfach und schnell möglich.

4. Literaturverzeichnis

[1] International Commission on Radiological Protection (ICRP) 2011. Statement on tissue reactions, *www.icrp.org//page.asp?id=123*

[2] International Commission on Radiological Protection (ICRP) 2012. ICRP Statement on Tissue Reactions / Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. ICRP Publication 118. Ann. ICRP 41(1/2)

[3] International Commission on Radiological Protection (ICRP) 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4)

[4] Behrens R et al 2009. Dose conversion coefficients for electron exposure of the human eye lens. Phys. Med. Biol. 54 (2009) 4069–4087 and Corrigendum: Phys. Med. Biol. 55 (2010) 3937–3945

[5] International Commission on Radiological Protection (ICRP) 2010. Conversion coefficients for radiological protection quantities for external radiation exposures. ICRP Publication 116. Ann. ICRP 40 (2–5)

[6] Behrens R und Dietze G 2011. Dose conversion coefficients for photon exposure of the human eye lens. Phys. Med. Biol. 56 (2011) 415-437

[7] Behrens R 2013. Dose conversion coefficients for electron exposure of the human eye lens: Calculations including a full human phantom. Rad. Prot. Dosim. 155 (2013) 224-235

[8] Behrens R 2012. On the operational quantity $H_p(3)$ for eye lens dosimetry. J. Radiol. Prot. 32 (2012) 455–464

[9] Vanhavere F et al 2012. ORAMED: Optimization of Radiation Protection of Medical Staff. EURADOS Report 2012-02, ISBN 978-3-943701-01-2, *www.eurados.org/~/media/Files/Eurados/documents/EURADOS_Report_201202.pdf*

[10] Gualdrini G et al 2011. A new cylindrical phantom for eye lens dosimetry development. Radiat. Meas. 46 (2011) 1231–1234

[11] International Atomic Energy Agency (IAEA) 2011. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. INTERIM EDITION, *www-ns.iaea.org/standards/review-of-the-bss.asp?s=11&l=88*

[12] International Atomic Energy Agency (IAEA). Technical Document (TecDoc) under development, *www-ns.iaea.org/standards/bss-tm-lens-of-eye-dose-limits2012.asp?s=11#*

[13] International Electrotechnical Commission (IEC) 2012. Radiation protection instrumentation – Passive integrating dosimetry systems for personal and environmental monitoring of photon and beta radiation. IEC 62387, *webstore.iec.ch/preview/info_iec62387%7Bed1.0%7Db.pdf*

[14] International Electrotechnical Commission (IEC) 2012. Protective devices against diagnostic medical X-radiation – Part 3: Protective clothing and protective devices for gonads. IEC/CDV 61331-3, *www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:38:0:::FSP_ORG_ID, FSP_APEX_PAGE,FSP_LANG_ID,FSP_PROJECT:1361,23,25,IEC%2061331-3%20Ed.%202.0*

[15] International Organization for Standardization (ISO) 2013. Radiological protection – Procedures for monitoring the dose to the lens of the eye, the skin and the extremities. ISO/CD 15382, *www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=61582*

[16] International Organization for Standardization. X and gamma reference radiation for calibrating dosemeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy, ISO 4037 Teile 1 bis 4

[17] International Organization for Standardization. Nuclear energy – Reference beta-particle radiation, ISO 6980 Teile 1 bis 3

DIE BEREITSTELLUNG VON DOSIMETERN DURCH DIE AMTLICHEN MESSSTELLEN ZUR ABSCHÄTZUNG DER AUGENLINSENDOSIS

J. Engelhardt, E. Martini

Landesanstalt für Personendosimetrie und Strahlenschutzausbildung Mecklenburg-Vorpommern, Berlin, Deutschland

Zusammenfassung
Neue epidemiologische Studien ergaben eine deutlich höhere Strahlenempfindlichkeit der Augenlinse als bisher angenommen. Internationale Empfehlungen und Standards fordern eine Absenkung des Jahresgrenzwertes der Organdosis der Augenlinse auf 20 mSv. Amtliche deutsche Messstellen bieten seit mehr als 10 Jahren modifizierte, nicht-amtliche Teilkörperdosimeter zur Messung der Augenlinsendosis an, die am Kopf oder an einer Brille befestigt werden. Sie sind zur Messung der Oberflächenpersonendosis $H_p(0,07)$ im Bereich von 0,5 mSv bis 10 Sv optimiert. Diese Messsysteme überschätzen die Organdosis der Augenlinse insbesondere für Betastrahlung deutlich. Durch z. B. eine besondere Kalibrierung sollen Teilkörperdosimeter für amtliche Messungen der Augenlinsendosis eingesetzt werden können, um die Entwicklung spezieller $H_p(3)$-Dosimeter zu vermeiden. Wichtig für die „richtige" Messung der Augenlinsendosis sind auch Akzeptanz und repräsentativer Trageort der Dosimeter. Die Praxis der Dosismessung wird mit Messergebnissen der LPS und der Rundungsproblematik vorgestellt. Abschließend wird auf noch fehlende gesetzliche Grundlagen und offene Fragen bei Zulassungsverfahren für Bauartprüfungen hingewiesen.

Summary
Recent epidemiological studies are implying that the radio sensitivity of the eye lens is much higher than supposed in the past. International recommendations and standards demand to lower down the annual limit of the eye lens organ dose to 20 mSv. Since about 10 years German monitoring services offer partial-body dosimeters fixed on the head or on glasses for monitoring the eye lens dose. These dosimeters are optimized to measure the (surface) personal dose equivalent $H_p(0,07)$ from 0,5 mSv up to 10 Sv, which clearly overestimate the organ dose of the eye lens. With special features like different calibrations partial-body dosimeters should be applicable for legal dosimetry to avoid the development of special $H_p(3)$ dosimeters. Accepting the right way for wearing these dosimeters it is important to get the right results. Practical experiences are shown with measuring results and the difficulties of rounding the exact measuring values to discrete dose steps. Closing this article we point to still missing legal basis and open questions regarding to type testing procedures.

Schlüsselwörter *amtliche Dosimetrie, Augenlinsendosis, Rundung, Bauartzulassung*
Keywords *legal dosimetry, eye lens dose, rounding, type testing procedures*

1. Einleitung

Aufgrund neuer Erkenntnisse aus epidemiologischen Studien über eine deutlich höhere Strahlenempfindlichkeit der Augenlinse hat die ICRP[1] ihre Empfehlung für den Jahresgrenzwert der Augenlinse für die berufliche Strahlenexposition auf 20 mSv pro Kalenderjahr deutlich reduziert [1]. Dieser Auffassung hat sich auch der Rat der Europäischen Union in den kürzlich verabschiedeten „Basic safety standards“ [2] angeschlossen. Damit muss dieser Grenzwert innerhalb der nächsten fünf Jahre in deutsches Strahlenschutzrecht umgesetzt werden. Unabhängig von der Sensibilisierung der exponierten Personen zur Anwendung von persönlichen Schutzmaßnahmen ist eine dosimetrische Überwachung dieses Grenzwertes erforderlich und die amtlichen Messstellen müssen geeignete Dosimeter anbieten können.

2. Dosimeterangebot

Die amtlichen deutschen Messstellen[2] stellen ihren Kunden seit mehr als 10 Jahren Dosimeter zur Abschätzung der Augenlinsendosis zur Verfügung. Dabei handelt es sich um keine „echten“ Dosimeter zur Messung der „richtigen“ Personendosis $H_p(3)$ für die Abschätzung der Organdosis der Augenlinse, sondern um nicht amtliche Teilkörperdosimeter, die am Kopf oder an der Brille befestigt werden.

Diese Dosimeter entsprechen den amtlichen Teilkörperdosimetern oder sind durch Modifikation des Befestigungsmechanismus von diesen abgeleitet Sie wurden je nach ausgebender Messstelle und Zeitpunkt der Nutzung in den Messgrößen Äquivalentdosis H_x oder der Oberflächenpersonendosis $H_p(0{,}07)$ kalibriert. Abb. 1 zeigt die gegenwärtig angebotenen modifizierten Teilkörperdosimeter.

Abb. 1: Typen derzeit angebotener Teilkörperdosimeter zur Messung der Oberflächenpersonendosis $H_p(0.07)$ am Kopf, von links nach rechts:
amtliche Teilkörperdosimeter der LPS und des MPA, nicht-amtliches Teilkörperdosimeter der LPS, amtliche Teilkörperdosimeter der HMGU, nicht-amtliches Brillendosimeter der PDMB

Die amtlichen Thermolumineszenzdosimeter (TLD) der Messstellen sind für die Überwachung des Grenzwertes der lokalen Hautdosis und Extremitäten von 500 mSv im Kalenderjahr optimiert und besitzen eine Bauartzulassung der PTB[3]. Sie haben je nach Zulassungsantrag der Messstelle eine untere Messgrenze, die zwischen 0,1 mSv und 1 mSv liegt. Die Auswerteverfahren sind so ausgelegt, dass die Oberflächenpersonendosis $H_p(0{,}07)$ im Bereich von 0,5 mSv bis 10 Sv sicher messen können. Die verwendeten nicht-amtlichen TLD besitzen

[1] International Commission on Radiological Protection
[2] Auswertungsstelle für Strahlendosimeter des Helmholtz Zentrum München, Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (HMGU) sowie die Personendosismessstellen des Materialprüfungsamtes Nordrhein-Westfalen (MPA), der Strahlenmessstelle Berlin (PDMB) und der Landesanstalt für Personendosimetrie und Strahlenschutzausbildung Mecklenburg-Vorpommern (LPS)
[3] Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig

grundsätzlich vergleichbare Eigenschaften. Alle Teilkörperdosimeter besitzen möglichst kleine Detektoren.

Bei $H_p(3)$ liegt der Bezugspunkt tiefer im Gewebe als bei $H_p(0{,}07)$. Daher werden Messsysteme, die für $H_p(0{,}07)$ entwickelt wurden, $H_p(3)$ besonders bei niedrigen Photonenenergien überschätzen. Noch mehr ausgeprägt ist dieses Verhalten bei Betastrahlung. Deshalb ist eine Abschätzung der Augenlinsendosis mit einem klassischen Teilkörperdosimeter in gemischten Beta-/Photonenstrahlungsfeldern nicht mehr sinnvoll und es werden von den Messstellen dafür keine Dosimeter angeboten.

Der Ansatz der Messstellen zur Messung der Augenlinsendosis besteht darin, diese Teilkörper-TLD unter bestimmten Modifikationen z. B. bei der Kalibrierung für eine amtliche Messung zu verwenden und keine speziellen $H_p(3)$-Dosimeter zu entwickeln und einzusetzen. Die Kosten für die Entwicklung und den Einsatz eines speziellen $H_p(3)$-Dosimeters wären immens und würden bei der geringen Anzahl an zu überwachenden Personen zu einer für den Anwender extrem teuren Überwachung führen.

Die Herausforderung besteht darin, die für relativ „hohe“ Dosen konzipierten Teilkörperdosimeter für eine erforderliche untere Nachweisgrenze ab 0,05 mSv zu ertüchtigen, um in Photonen- als auch in gemischten Photonen-/Betastrahlenfeldern mit der erforderlichen Genauigkeit messen zu können.

3. Akzeptanz und Trageort von Augenlinsen-Dosimeter

Schon das Tragen der amtlichen Teilkörperdosimeter in Deutschland erfolgt nicht in dem Maße und/oder der Art und Weise, wie es notwendig wäre. Es gibt häufig Akzeptanzprobleme wegen „eingeschränkter“ Sterilisierbarkeit und geringem Tragekomfort. So werden zwar Teilkörperdosimeter von der Messstelle ordnungsgemäß bezogen, jedoch nicht immer (richtig) getragen. Diese Akzeptanzprobleme gibt es auch bei den derzeitigen angebotenen Augenlinsendosimetern. Im Rahmen von Kursen zum Erwerb von Fachkunde im Strahlenschutz werden oft Äußerungen wie: „Ich werde mir doch nicht so ein Ding an den Kopf kleben“ u. ä. gemacht.

Die Teilkörperdosimeter, die an der Hand getragen werden, haben schon das Problem, dass der Trageort und der Ort der höchsten Strahlenexposition nicht derselbe ist. Das hat bei den Teilkörperdosimetern zur Messung der Betadosis bei der Anwendung der Radiosynoviorthese zur Einführung eines Bewertungsfaktors von 3 geführt. Bei der Überwachung der Teilkörperdosis der Augenlinse ist der Unterschied zwischen Trage- und Messort noch viel größer, da hier insbesondere die Anwendung von Strahlenschutzmitteln (z. B. Röntgenbrillen mit seitlicher Abschirmung) zu einem Schutz der Augenlinse führen und die am Kopf befestigten Teilkörperdosimeter die Dosis deutlich überschätzen können.

Es gibt bereits eine Reihe von Studien in der interventionellen Radiologie ([3], [4], [5]), die zeigen, dass die Strahlenexposition der Augenlinse des Untersuchers vor allem von der Seite her erfolgt und somit frontal getragene Augenlinsendosimeter ohne Anwendung von seitlichen Schutz der Augenlinse, die Dosis deutlich unterschätzen werden. Daher ist es aus unserer Sicht notwendig, das Messsystem in die Strahlenschutzbrille zu integrieren.

4. Praxis der Dosismessung

Die Dosimeter werden sowohl für die Überwachung beruflich strahlenexponierter Personen als auch für Patienten verwendet. Bei der personenbezogenen Routineüberwachung der Teilkörperdosis am Kopf hat das Dosimeter i. A. einen monatlichen Tragezeitraum.

Gemäß der Richtlinie über Anforderungen an Messstellen nach StrlSchV und RöV [6] und der SSK-Empfehlung zu Anforderungen an Personendosimeter [7], wird $H_p(0{,}07)$ erst ab einer Dosisschwelle von 0,5 mSv erfasst und gerundet in 1 mSv-Schritten angegeben. Diese amtliche Rundung erfolgt auch bei der Dosismessung am Kopf.

Wenn es sich bei der personenbezogenen Überwachung um eine amtliche Dosimetrie handelt, dann werden die 1/10 und 3/10-Schwellwerte, die eine Meldung an die zuständige Aufsichtsbehörde bedeutet, auf den Grenzwert der Augenlinse in Höhe von 150 mSv angewendet und die Ergebnisse der Überwachung werden an das Strahlenschutzregister gemeldet.

In Abb. 2 sind die Ergebnisse der amtlichen Überwachung durch die LPS zusammengestellt. In der Zeit von 2003 bis 2012 hat die LPS 42 Personen überwacht. Die überwiegende Zahl an Messergebnissen (522) zeigen Dosiswerte unterhalb der Rundungsgrenze von 0,5 mSv. Ob diese Dosimeter tatsächlich und an einer repräsentativen Stelle getragen wurden ist jedoch fraglich. Derartige Überprüfungen erfolgen durch die Messstelle generell nicht. Alle Dosiswerte der Gruppen 4 bis 17 mSv sind zwei Personen in den Jahren 2011 und 2012 zuzuordnen.

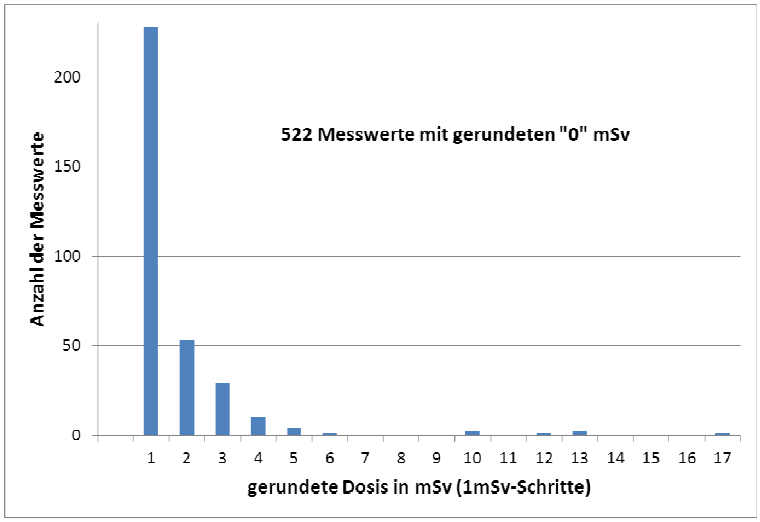


Abb. 2: Verteilung der gerundeten Messwerte der LPS 2003-2012 für den Trageort „Auge". Die Gruppen 4 bis 17 mSv sind durch nur zwei Personen für 2011 und 2012 entstanden

Neben der amtlichen Überwachung gibt es auch eine freiwillige personenbezogene oder eine arbeitsplatzbezogene Überwachung, bei der das „Augendosimeter" über einen längeren Zeitraum auch von mehreren Personen genutzt wird.
Diese beiden Arten der Überwachung dienen im Betrieb zur Optimierung des Strahlenschutzes und führen i. A. nicht zu einer amtlichen Überwachung. Abweichend von der amtlichen Überwachung werden dabei häufig die ungerundeten Messergebnisse zur Optimierung herangezogen, wobei eine ortsbezogene Untergrundkorrektur und ggf. sogar eine Energiekorrektur der Messergebnisse durch die Messstelle erfolgen.

Die Messstellen beraten ihre Kunden ausführlich, bevor eine Überwachung der Augenlinse erfolgt. Sie sind jedoch in den seltensten Fällen auch vor Ort präsent, um die richtige Anwendung der Dosimeter zu überwachen.

5. Fehlende gesetzliche Grundlagen

In internationalen Normen ist für die Messung der Augenlinsendosis die Messgröße $H_p(3)$ vorgesehen [8]. Eine Umsetzung in Deutschland gibt es dafür bisher nicht. Es gibt auch noch kein Zulassungsverfahren der PTB für Dosimeter mit der Messgröße $H_p(3)$, da diese im deutschen Eichrecht nicht enthalten ist. Seitens der PTB wird derzeit an der Einführung der Messgröße $H_p(3)$ in nationalen und internationalen Normen gearbeitet.

Bevor ein Zulassungsverfahren durch die PTB angeboten werden sollte, müssen neben den rechtlichen Voraussetzungen aus unserer Sicht noch weitere Fragen geklärt werden, wie z. B.:

1. Die für die Teilkörperdosis festgelegten Rundungs- und Schwellwertregeln reichen für die Augenlinsendosis mit der Absenkung des Jahres-Grenzwertes von 150 mSv auf 20 mSv nicht mehr aus und müssen neu festgelegt werden.

2. Bei der Integration von Augenlinsendosimetern in Strahlenschutzbrillen ist zu klären, ob diese dann Bestandteil des Zulassungsverfahrens sind.

6. Danksagung

Die Autoren danken den anderen amtlichen deutschen Messstellen für die gute Zusammenarbeit und die zur Verfügung gestellten Informationen.

7. Literaturverzeichnis

[1] Statement on Tissue Reactions. ICRP ref 4825-3093-1464, 2011

[2] General Secretariat of the Council: Proposal for a Council Directive laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, 10926/12 ATO 90 SOC 501 SAN 149. Fassung des EU-Rates vom 24.05.2013

[3] J. Domienik, M. Brodecki; D. Rusicka: A study of the dose distribution in the region of the eye lens and extremities for staff working in interventional cardiology. Radiation Measurements, 47 (2), p. 130, 2012.

[4] ORAMED: FP 7 (02/2008 - 02/2011); Internet: http://www.oramed-fp7.eu (letztmalig besucht am 29.06.2013).

[5] Geber, T; Gunnarsson, M.; Mattson, S.: Eye lens dosimetry for interventional procedures - Relation between the absorbed dose to the lens and dose at measurement positions. Radiation Measurements, 46 (11), p. 1248, 2011.

[6] Richtlinie über Anforderungen an Personendosismessstellen nach StrlSchV und RöV vom 10.12.2001. GMBl, S.136, 2002.

[7] Empfehlungen der Strahlenschutzkommission: Anforderungen an Personendosimeter vom 24.02.2011. Bundesanzeiger Nr. 135, S. 3140, 2011.

[8] IEC 62387 ed1.0. Radiation protection instrumentation - Passive integrating dosimetry systems for personal and environmental monitoring of photon and beta radiation, 2012

ABSCHÄTZUNG DER DOSIS FÜR DIE AUGENLINSE BEIM UMGANG MIT RADIOAKTIVEM ABFALL

A. Krause, B. Lorenz, M. Würtemberger

GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH, Essen, Deutschland

Zusammenfassung
Derzeit wird international eine deutliche Reduzierung des Grenzwertes für die Augenlinse diskutiert. Eine Absenkung von 150 mSv auf 20 mSv hatte die ICRP empfohlen, die IAEA-BSS haben dies bereits aufgenommen und in den Euratom-BSS steht dies ebenfalls als Vorschlag. In der Strahlenschutzpraxis hat die Einhaltung des Grenzwertes für die Augenlinse bisher kaum eine Rolle gespielt. Mit Einhaltung des Grenzwertes für die effektive Dosis war dies praktisch sichergestellt. Mit einer möglichen Festsetzung des sehr viel niedrigeren Wertes in der StrlSchV stellt sich die Frage neu. Beim Umgang mit radioaktiven Abfällen, bei dem Gammastrahlung vorherrscht, kann es durchaus vorkommen, dass der (unabgeschirmte) Augenbereich viel stärker der Strahlung ausgesetzt wird als der Trageort des (abgeschirmten) Personendosimeters. Eine Analyse typischer Arbeitsplatzsituationen bei der Behandlung radioaktiver Abfälle im Tätigkeitsbereich der GNS hat ergeben, dass hier theoretisch bis zum Faktor 4 höhere Expositionen auftreten können. Eine generische Abschätzung der Verhältnisse unter sehr konservativen Annahmen, die zunächst vorgenommen wurde, führte noch nicht zu dem Ergebnis, dass mit Einhaltung des Grenzwertes der effektiven Dosis auch der neue Grenzwert für die Augenlinse eingehalten wird. Um belastbare Aussagen zu erhalten, werden nun die Expositionsverhältnisse genauer untersucht und Messungen mit speziellen TLD durchgeführt, die von der MPA Dortmund zur Verfügung gestellt werden.

Summary
A significant reduction of the dose limit for the lens of the eye is currently discussed in international committees. The ICRP had recommended a reduction from 150 mSv to 20 mSv, the IAEA-BSS have already adopted this value and the Euratom-BSS propose this too. In the practice of radiation protection the compliance with the limit for the lens of the eye has played a minor role so far. This was in practice assured by the compliance with the limit for the effective dose. With a possible stipulation of a much lower value in the Radiation Protection Ordinance (StrlSchV), the question of compliance arises again. When handling radioactive waste where often gamma radiation is dominant it may happen that the (unshielded) eye region is much more exposed as the location of the (shielded) personal dosimeter. A theoretical study of typical GNS-workplaces in radioactive waste management has shown that up to a factor of 4 higher exposures may occur. A generic assessment under very conservative assumptions that was done first did not allow for the conclusion that the compliance of the new dose limit for the lens of the eye is given by complying with the limit for the effective dose. To get a more reliable basis the exposure situation will now be investigated by measurements that are carried out with specific TLDs provided by the MPA Dortmund.

Schlüsselwörter *Grenzwerte, Augenlinse*
Keywords *dose limits, lens of the eye*

1. Einleitung

Derzeit wird international eine deutliche Reduzierung des Grenzwertes für die Augenlinse diskutiert. Eine Absenkung von 150 mSv auf 20 mSv hatte die ICRP [1] empfohlen, die IAEA-BSS [2] haben dies bereits aufgenommen, in dem Vorschlag der EU-Kommission für die neuen Euratom-BSS [3] steht dies ebenfalls und die vorliegende Fassung der Euratom-BSS des Rates [4] bestätigt dies. In der Strahlenschutzpraxis hat die Einhaltung des Grenzwertes für die Augenlinse bisher kaum eine Rolle gespielt. Mit Einhaltung des Grenzwertes für die effektive Dosis war dies praktisch sichergestellt. Mit einer möglichen Festsetzung des sehr viel niedrigeren Wertes in der StrlSchV stellt sich die Frage neu.

2. Theoretische Betrachtung

Beim Umgang mit radioaktiven Abfällen, bei denen Gammastrahlung vorherrscht, kann es durchaus vorkommen, dass der (unabgeschirmte) Augenbereich viel stärker der Strahlung ausgesetzt wird als der Trageort des (abgeschirmten) Personendosimeters. Eine Studienarbeit [5] stellte hierzu eine Abschätzung der Strahlenexposition der Augenlinse und des Ganzkörpers bei unterschiedlichen Tätigkeiten der Be- und Verarbeitung von Abfallgebinden für radioaktive Stoffe gegenüber.

Zur Abschätzung der Organdosis für die Augenlinse wurden auf Grund von Interviews mit beteiligten Personengruppen Tätigkeiten identifiziert, bei denen sich Unterschiede zwischen der Personendosis $H_p(10)$ und der Dosis der Augenlinse ergeben. Ein Beispiel für eine solche Tätigkeit ist die Beladung eines Stahlblechcontainers mit 200-l-Fässern.

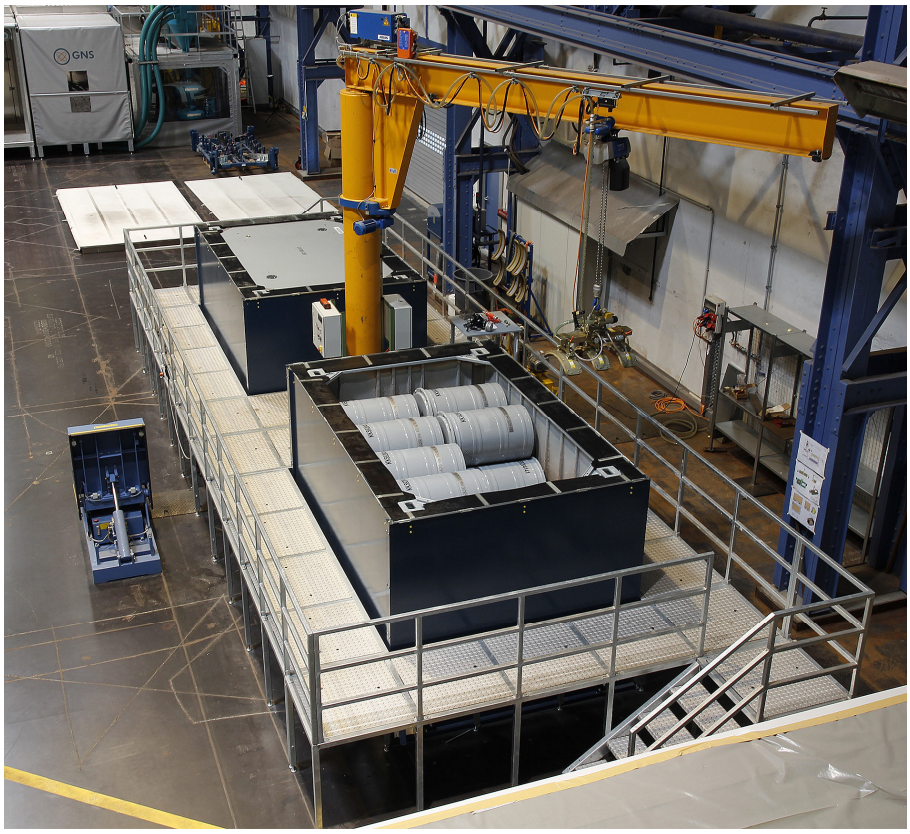
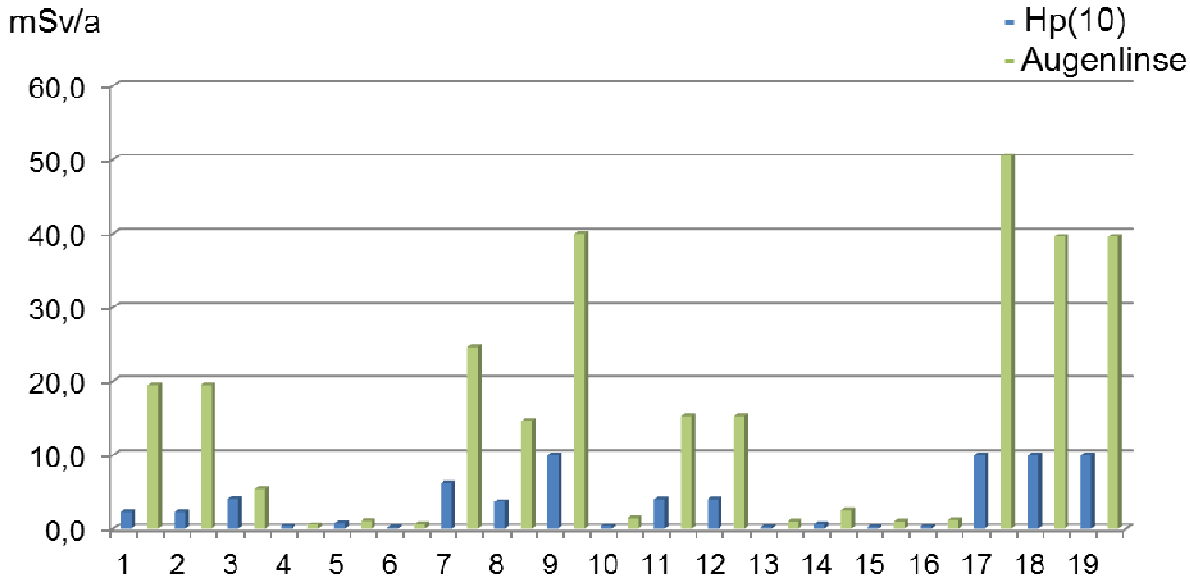


Abb. 1: Beladung eines Stahlblechcontainers mit 200-l-Fässern

Zur Berechnung der Dosis wurden die Abstände zum Personendosimeter und zur Augenlinse, Angaben über Handhabungszeit und Art des Gebindes, die Ortsdosisleistungen (ODL) H* (10) und zusätzlich verwendete Abschirmungen berücksichtigt. Diese Analyse der typischen Arbeitsplatzsituationen bei der Behandlung radioaktiver Abfälle im Tätigkeitsbereich der GNS hat ergeben, dass hier theoretisch bis zum Faktor 4 höhere Expositionen für die Augenlinse auftreten können. Dies ist exemplarisch in der folgenden Abbildung für 19 Arbeitsgänge dargestellt. Die Dosen ergeben sich, wenn unterstellt wird, dass nur diese Arbeiten ein Jahr lang durchgeführt würden. Tatsächlich werden jedoch immer Mischungen von Arbeitsgängen vorkommen.



1 Deckel öffnen

2 Trocknungsdeckel anbringen

3 Fässer reinigen, Filter montieren und Drehmoment prüfen

4 Screeningtest an 200-l Fässern

5 Visuelle Kontrolle der 200-l Fässer

6 Visuelle Begutachtung Stahlblechcontainer Typ V außen

7 ODL-Messung am Stahlblechcontainer Typ V

8 Wischtest am Stahlblechcontainer Typ V

9 Beladen Stahlblechcontainer Typ V

10 Abstände der Fässer zum Deckel messen

11 Deckelrand reinigen

12 Deckel auflegen und 72 Schrauben montieren

13 Filter bzw. Dichtschraube montieren

14 Lastblöcke entfernen, Madenschrauben montieren

15 Verplomben Stahlblechcontainer Typ V

16 Wiegen Stahlblechcontainer Typ V

17 Verschließen der Verdampferkonzentrat enthaltenen 400-l-Fässer mit Verschlussdeckel

18 Verschließen Gussbehälter Typ II mit Verschlussdeckel

19 Verschließen einer mit 400-l-Fass beladenen UBA (Ummantelte Betonabschirmung)

Abb. 2: Expositionsvergleich von Arbeitsgängen

Unterstellt man, dass nur solche Tätigkeiten durchgeführt werden, die eine deutlich höhere Exposition der Augenlinse ergeben, dann kann die generische Abschätzung der Verhältnisse also noch nicht zu dem Ergebnis kommen, dass mit Einhaltung des Grenzwertes der effektiven Dosis auch der neue Grenzwert für die Augenlinse eingehalten wird. Selbst unter der GNS-internen Vorgabe eines Richtwertes von 10 mSv für die effektive Dosis wäre eine Überschreitung der Grenzwertes für die Augenlinse denkbar, wenn nur solche Tätigkeiten durchgeführt würden, die stark abweichende ODL am Körper und im Augenbereich aufweisen.

3. Messungen der Augenlinsendosis in einer GNS-Betriebsstätte

Da die theoretische Betrachtung die tatsächlichen Arbeitsbedingungen (Abstand und Aufenthaltszeit zur Strahlenquelle) nicht genau genug widerspiegeln, werden nun Untersuchungen hierzu unter realistischen Arbeitsbedingungen durchgeführt. Ziel ist es, dass damit gezeigt werden kann, dass bei Einhaltung des GNS internen Richtwertes für die effektive Dosis von 10 mSv/a die Organdosis für die Augenlinse sicher unter 20 mSv/a bleibt.

Aus praktischen Gründen werden erste Untersuchungen bei Konditionierungsarbeiten in der GNS Betriebsstätte in Duisburg durchgeführt. Unter Konditionierungsarbeiten werden die folgenden Arbeitsabläufe verstanden. Zunächst werden angelieferte Abfälle mit einer Hochdruck-Hydraulikpresse bearbeitet. Die durch die Verpressung entstandenen Pellets werden anschließend in für sie vorgesehene Abfallgebinde (z. B. 200-l-Fass) verpackt. Bei Bedarf werden die Fässer in einer Trocknungsanlage vakuumgetrocknet. Diese Arbeiten werden in der Betriebsstätte Duisburg ausschließlich in sogenannten Caissons durchgeführt. Diese Caissons sind räumlich begrenzt. Durch den beschränkten Platz werden innerhalb des Caissons die Gebinde so gelagert, dass der Platz optimal ausgenutzt wird. Daraus ergibt sich innerhalb des Caissons ein nahezu homogenes und ungerichtetes Strahlungsfeld.

Um aussagekräftige Messergebnisse zu erhalten, werden derzeit acht Personen in der Betriebsstätte Duisburg zunächst für drei Monate überwacht. Fünf dieser Personen tragen ausschließlich während der Konditionierungsarbeiten in den oben beschriebenen Caissons zusätzlich zu ihren zwei vorgeschriebenen Dosimetern (amtliche Filmplakette, nichtamtliches Dosimeter) zwei Augenlinsendosimeter. Die Dosismessung erfolgt mit Thermolumineszenzdosimetern (TLD) der MPA Dortmund [6], wobei die gemessene Dosis der Oberflächenpersonendosis H_p (0,07) entspricht. Beide Augenlinsendosimeter werden an einem Trageband angebracht und an der Stirn getragen. Eines der beiden TLDs wird monatlich ausgetauscht und ausgewertet, das andere wird nach drei Monaten ausgewertet. Diese Personen tragen zusätzlich in einer Liste die nichtamtlichen Dosiswerte während der Arbeit ein. Falls keine Arbeiten im Kontrollbereich stattfinden, werden die Augenlinsendosimeter an einem strahlungsarmen Ort gelagert.

Zusätzlich zu diesen fünf Personen gibt es weiter drei Probanden, die im Kontrollbereich tätig werden, jedoch nicht zwingend mit Konditionierungsarbeiten beschäftigt sind. Diese Personen tragen ein zusätzliches Augenlinsendosimeter nicht an der Stirn, sondern an dem gleichen Trageort wie die beiden vorgeschriebenen Dosimeter. Hiermit soll die Nachweisgrenze der amtlichen Filmplakette mit denen der Thermolumineszenzdosimeter verglichen werden.

4. Auswertung / Ausblick

Nach Ende des Untersuchungszeitraumes von drei Monaten werden die gesammelten Messergebnisse der TDLs mit den nichtamtlichen beziehungsweise den amtlichen Dosen verglichen.

Das vorrangige Ziel dieser Untersuchung ist, anhand der Messergebnisse der TLDs zu zeigen, dass eine Überschreitung des künftigen Grenzwertes für die Augenlinse von 20 mSv/a unter normalen Arbeitsbedingungen nicht möglich ist. Des Weiteren soll ein ‚Korrekturfaktor' ermittelt werden, welcher eine Abschätzung der Augenlinsendosis einer Person mittels nichtamtlicher Dosis vor Ort schnell ermöglicht. Dieser ‚Korrekturfaktor' kann jedoch speziell nur für die oben beschriebenen Arbeiten unter vergleichbaren Bedingungen herangezogen werden.

Sollte sich zeigen, dass eine Grenzwertüberschreitung von 20 mSv/a für die Augenlinse nicht möglich ist, kann auch in Zukunft auf eine zusätzliche Überwachung der Augenlinse verzichtet werden. Um dies für alle Tätigkeitsbereiche der GNS gewährleisten zu können, ist geplant, zukünftig noch weitere Arbeitsbereiche der GNS genauer zu untersuchen. Von den Ergebnissen werden auch andere Arbeitsplätze in der Kerntechnik, an denen eine Abfallver- und -bearbeitung stattfindet, profitieren können. Letztendlich geht es darum, explizit zu demonstrieren, dass alle Strahlenschutzanforderungen jederzeit und ausnahmslos erfüllt werden.

5. Literaturverzeichnis

[1] International Commission on Radiological Protection (ICRP): Statement on Tissue Reactions. ICRP ref 4825-3093-1464, April 2011

[2] International Atomic Energy Agency – Basic Safety Standards (IAEA-BSS): Radiation protection and safety of radiation sources: International Basic Safety Standards. GSR Part 3 (Interim), 2011

[3] The European Atomic Energy Community - Basic Safety Standards (Euratom-BSS): Basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionizing radiation. 2012

[4] Council of the European Union: Proposal for a Council Directive laying down basic safety standards against the dangers arising from exposure to ionizing radiation. 8682/2/13 Rev. 2, 24 May 2013

[5] A. Krause: Abschätzung der Strahlenexposition der Augenlinse bei Arbeiten zur Entsorgung radioaktiver Stoffe, 2013, DHBW Karlsruhe

[6] Materialprüfungsamt NRW, Marsbruchstrasse 186, 44287 Dortmund

HERAUSFORDERUNGEN UND CHANCEN FÜR STRAHLENSCHÜTZER ALS FACHLEUTE IM ÖFFENTLICHEN DISKURS

M. Köbl

GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH, Essen, Deutschland

Spezialvortrag: „Öffentlichkeitsarbeit und Strahlenschutz“

Kaum ein anderes Thema vermag in der Bevölkerung gerade in Deutschland so sehr für Verunsicherung und Angst zu sorgen, wie die – vermeintliche oder tatsächliche – Bedrohung durch radioaktive Stoffe bzw. ionisierende Strahlung.

Im Laufe der mittlerweile mehrere Jahrzehnte überspannenden Diskussionen um den Nutzen und die Gefahren der Kernenergie spielen vielfältige Aspekte des Strahlenschutzes immer wieder eine herausragende Rolle. Und selbst nach dem Beschluss zum Ausstieg aus der Kernenergie behalten Fragestellungen rund um die Entsorgung der bei der Energieerzeugung und beim Rückbau der Kraftwerke anfallenden radioaktiven Reststoffe noch lange ihre politische und gesellschaftliche Relevanz.

Im öffentlichen Diskurs melden sich hier regelmäßig die sogenannten „Experten“ zu Wort, wobei als Beleg für deren Expertise und Unabhängigkeit oft genug die Zugehörigkeit zu einer Nicht-Regierungs-Organisation („NGO“) ausreicht. Da hier jedoch meist weniger die sachliche Beleuchtung des Themas angestrebt ist, sondern viel mehr die Durchsetzung von letztlich politischen Zielen, ist eine neutrale Argumentation eher selten anzutreffen.

Die tatsächlichen „Leute vom Fach“ jedoch, die Strahlenschützer, tun sich oft schwer, die meist eben doch nicht so einfachen technischen und wissenschaftlichen Sachverhalte verantwortungsvoll so darzustellen, dass sie von den Medien aufgegriffen und verbreitet werden.

Der Vortrag schlägt einen gleichzeitig ernsthaften und doch unterhaltsamen Bogen von der Wirkungsweise klassischer Horrorfilme bis hin zu inflationären Verwendung des Radioaktivitätswarnsymbols selbst an Spielzeugen und setzt diese Erkenntnisse in Relation zur Medienberichterstattung rund um die politisch wie gesellschaftlich hochumstrittenen CASTOR-Transporte und die Zwischenlagerung hochradioaktiver Abfälle. Dabei bietet er außerdem eine Fülle von Anregungen, Ideen und vielleicht sogar gelegentlich etwas Trost für den Strahlenschützer im Einsatz in und an der Öffentlichkeit.

Themenblock
RPE/RPO

DER STRAHLENSCHUTZBEVOLLMÄCHTIGTE IN DEUTSCHLAND

P. Sahre[1)], A. Beutmann[1)], J. Lorenz[1)], F. Leder[2)], T. Philipp[3)]

[1)] Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e.V., Dresden, Deutschland
[2)] Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Dresden, Deutschland
[3)] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, Deutschland

Zusammenfassung
Der Strahlenschutzbevollmächtigte spielt eine wichtige Rolle bei der Organisation, Durchführung und Kontrolle des Strahlenschutzes in Deutschland, insbesondere in großen Einrichtungen, wie Forschungszentren und -gemeinschaften, großen Privatunternehmen und medizinischen Einrichtungen. Im Vortrag werden die Rechtsstellung des Strahlenschutzbevollmächtigten, insbesondere dessen Abgrenzung zu den Strahlenschutzbeauftragten und Strahlenschutzexperten und die dem Strahlenschutzbevollmächtigten somit übertragbaren Aufgaben dargestellt. Darüber hinaus wird dargelegt, dass die Benennung des Strahlenschutzbevollmächtigten in Strahlenschutz- und Röntgenverordnung Vorteile für die Organisation des Strahlenschutzes sowie deren rechtssichere Ausgestaltung bietet, insbesondere auch bei der Koordinierung der Zuständigkeiten zwischen dem Strahlenschutzbeauftragten und dem Strahlenschutzexperten.

Summary
The radiation protection authorized person (RPA) is playing an important role in the fields of organization, realization and checking the radiation protection in Germany, first of all in big institutions like research centers, facilities and medical centers. The paper deals with the legal status of the RPA especially the clear dividing line between his tasks and the tasks of the radiation protection supervisor and the radiation protection commissioner. The paper shows that the embodiment of the RPA in the radiation protection law has advantages also in coordinating the tasks of radiation protection officer and radiation protection expert recommended by the European Union.

Schlüsselwörter
Strahlenschutzverantwortlicher, Strahlenschutzbeauftragter, Strahlenschutzingenieur, Strahlenschutzbevollmächtigter
Keywords
radiation protection supervisor, radiation protection commissioner, radiation protection expert, radiation protection authorized person

1. Einleitung

Das Thema soll durch die kurze Beantwortung von zwei Fragen eingeleitet werden:

a) Wo findet man den Strahlenschutzbevollmächtigten (SSBV) in Deutschland nicht?
b) Wo findet man SSBV in Deutschland?

Zu a):

Man findet den SSBV nicht in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) und in der Röntgenverordnung (RÖV), weder in den aktuellen noch in den vorherigen Ausgaben. Die betriebliche Organisation des Strahlenschutz kennt in den §§ 31, 32 StrlSchV bzw. §§ 13, 14 RöV nur den Strahlenschutzverantwortlichen (SSV), der, soweit dies für die Gewährleistung des Strahlenschutzes notwendig ist, für die Leitung oder Beaufsichtigung der genehmigten Tätigkeiten Strahlenschutzbeauftrage (SSB) in der erforderlichen Anzahl zu bestellen hat.

Zu b):

Nach Eingeben des Suchbegriffs „Strahlenschutzbevollmächtigter" in die Google-Suchmaschine findet man in Deutschland 71 Institutionen, die ihren Strahlenschutz mit Hilfe eines SSBV durchführen. In der Regel handelt es sich dabei um Universitäts- oder Forschungseinrichtungen, z. B die Universitäten oder Technische Universitäten der Städte Tübingen, Jena, Kiel, Dresden, Münster, Kassel oder Helmholtz-Zentren oder Fraunhofer-Institute, d. h. große Einrichtungen, die in der Regel auch mit nennenswerte Aktivitäten umgehen dürfen, große Beschleuniger betreiben oder an mehreren verteilten Standorten tätig sind.
Man findet den SSBV im Übrigen versteckt in Begründungen und Erläuterungen der StrlSchV oder RöV. Bereits Winters [1] erwähnte aus Anlass des Inkrafttretens der novellierten Strahlenschutzverordnung 1977, dass „in der Verordnung nicht geregelt, aber in der Praxis von Bedeutung die Frage [ist], inwieweit der Strahlenschutzverantwortliche die ihm verbleibenden Organisations- und Aufsichtspflichten noch auf einen Bevollmächtigten übertragen kann" und verweist auf die Begründung zur Verordnung [2], die einerseits von einer solchen Delegationsmöglichkeit ausgeht, andererseits aber die Verantwortlichkeit des Strahlenschutzverantwortlichen nicht einschränkt. Diese Situation hat sich bis heute praktisch nicht verändert [3]. Auch in der Begründung zur Novelle der Strahlenschutzverordnung 2001 wird erwähnt, dass „der Strahlenschutzverantwortliche Strahlenschutzbeauftragte bestellen und die Wahrnehmung der Aufgaben als Verantwortlicher im Rahmen der Betriebs- und Verwaltungsorganisation an einen Vertreter (Bevollmächtigten) delegieren [kann]", dies aber eben seine Verantwortlichkeit nicht einschränkt. [4]
Interessant ist, das der erste Satz in den amtlichen Begründungen von 1989 und 2001 jeweils lautet: " § 31 (Fassung 2001) übernimmt die Regelungen des bisherigen § 29 **und umschreibt den Personenkreis, dem die in den Schutzvorschriften des zweiten Teils aufgeführten Pflichten obliegen.** Ist das richtig? Obliegen dem SSBV diese Pflichten nicht auch, wenn er eingesetzt wird?

Auch in der Richtlinie „Strahlenschutz in der Medizin" [5] von 2011 wird der SSBV wie folgt erwähnt: „Der Strahlenschutzverantwortliche kann die Durchführung der Aufgaben als Verantwortlicher auf einen Bevollmächtigten delegieren, der nicht Strahlenschutzbeauftragter zu sein braucht, aber die Funktion des Strahlenschutzverantwortlichen ausübt, ohne dessen Verantwortlichkeit einschränken zu können. Der Strahlenschutzverantwortliche entbindet sich durch die Bestellung von Strahlenschutzbeauftragten oder die Benennung eines Bevollmächtigten nicht von der Verantwortung für die Erfüllung seiner Aufgaben."

2. Die Rechtsstellung des Strahlenschutzbevollmächtigten

Welche Aufgaben ein SSBV haben kann, ist letztlich von seiner Rechtsstellung abhängig. Dazu ein kurzer Exkurs. Die Vorschriften von StrlSchV und RöV richten sich bei genehmigungspflichtigem Umgang an eine Person - den Strahlenschutzverantwortlichen (SSV), dem Aufgaben und Pflichten zugewiesen werden. Eine natürliche Person, z.B. ein niedergelassener Arzt, nimmt die ihm in der StrlSchV und RöV zugewiesenen Aufgaben selbst wahr. Soweit es für die Gewährleistung des Strahlenschutzes notwendig ist, kann der SSV durch Bestellung von SSB Aufgaben delegieren. Zwei Fragen bleiben:

1. Wer nimmt die die Aufgaben des SSV wahr, wenn dieser ein Rechtskonstrukt ist, z.B. in einer GmbH?
2. Kann der SSV nach Bestellung von SSB die ihm verbleibenden Aufgaben ganz oder teilweise delegieren?

Die Antwort auf Frage 1 wird in § 31 I StrlSchV bzw. § 13 I RöV gegeben. Die Aufgaben des SSV sind von der durch Gesetz, Satzung oder Vertrag zur Vertretung berechtigten Person (in dieser hierarchischen Reihenfolge!) wahrzunehmen. Diese (nun natürliche) Person kann die in § 33 II StrlSchV bzw. § 15 II RöV genannten Pflichten mittels Bestellung an einen oder mehrere SSB übertragen, ohne dass seine Verantwortung eingeschränkt wird. Widerspruchsfrei kann der SSV nun beispielsweise auf die Regelungen zu Vertretung und Vollmacht nach §§ 164 ff BGB zurückgreifen, die im Kern ein Tun des Bevollmächtigten innerhalb der ihm zustehenden Vertretungsmacht als unmittelbar für oder gegen den Vertretenen wirkend erklären.

Den Ansatz für eine moderne Betrachtung des Bevollmächtigten, d.h. hier des Strahlenschutzbevollmächtigten hat spätestens Winters schon 1977 gelegt. Wenn er auch noch davon ausgeht, dass „es schwer einzusehen [ist], welchen Nutzen, abgesehen vom organisatorischen Vorteil, die Zulassung einer solchen Delegation haben sollte", sieht auch er schon ein Zulassungsbedürfnis dann, „wenn damit auch eine entsprechende Entscheidungsbefugnis übertragen wird“ [6]. Die Frage des Zulassungsbedürfnisses wird im Folgenden aufgegriffen.

3. Aufgaben des Strahlenschutzbevollmächtigten

Im Folgenden sollen mögliche Aufgabenübertragungen an den SSBV dargelegt werden, um zu verstehen, wie er sich in die Aufgaben – und Verantwortungsverteilung zwischen SSV und SSB einfügen kann. Dies soll am Beispiel des Forschungsstandortes Rossendorf dargestellt werden. Da gibt es zunächst eine Zusammenarbeitsvereinbarung (ZAV) zwischen den beiden auf dem Standort agierenden Einrichtungen, dem Helmholz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) und dem Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e.V. (VKTA) über die Gewährleistung des Strahlenschutzes. In dieser ZAV [7] wird u.a. vereinbart,

- ausgewählte Aufgaben der SSB beider Vereine aus Zweckmäßigkeitsgründen durch Mitarbeiter des Fachbereiches Sicherheit des VKTA bzw. der Abteilung Sicherheit, Strahlenschutz des HZDR, d.h. **zentral** wahrnehmen zu lassen und

- die Kontrolle der Einhaltung der von den SSB weiterhin in eigener Verantwortung, d.h. **dezentral** zu erfüllenden Pflichten bzw. Schutzvorschriften gemäß Strahlenschutzanweisung Nr.1 dem SSBV des HZDR/VKTA zu übertragen.

Weiterhin enthält die ZAV Regelungen zur Benennung des SSBV, seine Aufgaben und Weisungsbefugnisse z.B.

- Auf der Basis dieser ZAV benennen sowohl der SSV des VKTA als auch der SSV des HZDR in getrennten Verfahren den Leiter des Fachbereichs Sicherheit des VKTA zum SSBV für den jeweiligen Verein. Die SSV beauftragen ihn mit

  - der Koordinierung und Kontrolle aller zur Gewährleistung des Strahlenschutzes am Forschungsstandort Rossendorf sowie in den Außenstellen des HZDR erforderlichen Maßnahmen,
  - der Wahrnehmung einer Beraterfunktion zur Organisation des Strahlenschutzes in beiden Vereinen,
  - der Wahrnehmung von Kontakten zu den Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden.

- Für den bestimmungsgemäßen Betrieb werden dem SSBV Weisungsrechte gegenüber den SSB und den zentralen Strahlenschutzeinrichtungen des jeweiligen Vereins in dem Umfang übertragen, der zur Durchsetzung des Schutzvorschriften der StrlSchV sowie der RöV einschließlich der Strahlenschutzanweisungen erforderlich ist. Bei Gefahr im Verzuge hat der SSBV Weisungsrecht gegenüber jedermann in beiden Vereinen.

Die Umsetzung der in der ZAV genannten Aufgaben ist detailliert in der „Strahlenschutzanweisung (SSA) Nr. 1 zur Aufgabenzuweisung und Zuständigkeitsabgrenzung im Strahlenschutz“ [8] geregelt. Ohne diese 19-seitige Anweisung im Detail referieren zu wollen, sei auf einen wichtigen Punkt hingewiesen. Für Tätigkeiten im Bereich der StrlSchV sind in der Anlage 1/1 die zentralen Aufgaben, die den zentralen Strukturen unter Anleitung des SSBV obliegen, und in der Anlage 2/1 die dezentralen Aufgaben, für die der SSB zuständig und verantwortlich ist. Solche Aufgaben sind z.B. in Rossendorf

- die Mitteilung der beruflichen Strahlenexposition gemäß § 40 (4) StrlSchV,
- die Begrenzung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Luft oder dem Wasser
- gemäß § 47 (1) StrlSchV und
- die Buchführung und Bestandsänderung radioaktiver Stoffe nach § 70 (1) StrSchV.

Auf den letztgenannten Anstrich wird später im Abschnitt 4. noch explizit eingegangen. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen einen Auszug aus diesen beiden Anlagen.

Die Auszüge zeigen, dass die Anzeige über Erwerb etc. von radioaktiven Stoffen und die jährliche Bestandsmeldung zentral wahrgenommen werden. Das setzt natürlich die Buchführung durch den SSB voraus; das notwendige Zusammenspiel zwischen SSB und SSBV bei der Bestellung und Erwerb der radioaktiven Stoffe regelt eine SSA.

VKTA	ANLAGE 1/1 ZUR STRAHLENSCHUTZANWEISUNG NR. 1		
70 (1)	Nr. 1,3	Zentrale Bestandsführung, Bestandsänderung und Mitteilung radioaktiver Stoffe; Mitteilung HRQ an Zentralregister	KSB
§ 70 (2), (3)		Berichterstattung und Buchführung über freigegebene Stoffe	KSB
§ 70 (4)		Bescheinigung der Dichtheitsprüfung	KSB
§ 70 (6)		Aufbewahrung der Buchführungsunterlagen über radioaktive Stoffe und Freigaben	KSB
§ 71 (1), (2)		Mitteilungspflichten bei Abhandenkommen oder Fund (bzw. Erlangung der tatsächlichen Gewalt) radioaktiver Stoffe (nach SSB-Zuarbeit)	KS

Abb. 1: Auszug aus der Anlage 1/1 zur Strahlenschutzanweisung Nr. 1 des VKTA Rossendorf (KS, KSB sind Bezeichnungen innerhalb des Fachbereiches Sicherheit des VKTA)

VKTA	ANLAGE 2/1 ZUR STRAHLENSCHUTZANWEISUNG NR. 1	
Abgabe, Buchführung und Fund radioaktiver Stoffe		
§ 69 (1), (5)		Abgabe radioaktiver Stoffe an Dritte
§ 69 (2)		Dichtheitsprüfung bei der Abgabe an Dritte
§ 69 (3), (4)		Vorschriften bei der Beförderung
§ 70 (1)	Nr. 2	Buchführung radioaktiver Stoffe sowie Mitteilung an KSB
§ 70 (4)		Beifügung der Bescheinigungen über Dichtheitsprüfung bei den an KSB abzugebenden Unterlagen
§ 71 (1), (2)		Abhandenkommen, Fund radioaktiver Stoffe (Mitteilung an KS)

Abb. 2: Auszug aus der Anlage 2/1 zur Strahlenschutzanweisung Nr. 1 des VKTA Rossendorf (KS, KSB sind Bezeichnungen innerhalb des Fachbereiches Sicherheit des VKTA)

4. Probleme aus der Nichtbeschreibung des SSBV in den Rechtsverordnungen

In diesem Abschnitt werden ausgewählte Probleme genannt, die aus der Sicht der Autoren daraus resultieren, dass der SSBV in der StrlSchV und RöV nicht behandelt wird.

Formvorschrift zur Bevollmächtigung

Die strikte Vorschrift der Schriftform einer Bestellung zum Strahlenschutzbeauftragten sollte konsequent auf den SSBV übertragen werden. Dies erscheint nötig, da für die Vollmacht nach § 167 BGB keine bestimmte Form vorgeschrieben ist.

Stellung des SSBV

Im § 32 der StrlSchV und § 13 der RöV wird das Verhältnis zwischen SSV und SSB geregelt. Wie ordnet sich hier der SSBV ein? Aus der Sicht der Autoren ist es evident, dass der gesamte Inhalt des § 32 StrlSchV auch auf das Verhältnis zwischen demjenigen, der die Aufgaben des SSV wahrnimmt, und den SSBV übertragen werden muss. Das resultiert z.B. daraus, dass bei der Durchführung der zentralen Strahlenschutzaufgaben auch Mängel auftreten, über deren Behebung unterschiedliche Meinungen auftreten können. Das Verhältnis zwischen SSBV und SSB sollte in der gleichen Weise geregelt werden.

Abgrenzung des SSBV

Eine Definition des SSBV im Strahlenschutzrecht ist sinnvoll, da hierdurch eine strahlenschutzrechtlich relevante Bevollmächtigung ganz im eingangs genannten Sinne auf die Aufgaben und Pflichten des SSV nach § 33 StrlSchV bzw. § 15 RöV begrenzt werden kann und die Anforderungen an den SSV hinsichtlich Zuverlässigkeit und ggf. Fachkunde im Strahlenschutz übertragen werden können.

Fachkunde des SSBV

Im § 30 der StrlSchV und RöV werden die Anforderungen an die Fachkunde des SSB geregelt; auch in den entsprechenden Richtlinien, z.B. in der Fachkunderichtlinie Technik [9]. Für den SSV kann die Fachkunde der entsprechen, die der bestellte SSB haben müsste. Der erforderliche Grad der Fachkunde des SSBV ergibt sich aus der Differenz der Fachkunde des SSV und des SSB unter Berücksichtigung der dem SSBV übertragenen Aufgaben.

Ordnungswidrigkeiten

Durch eine strahlenschutzrechtlich verankerte Bevollmächtigung wird Klarheit hinsichtlich der Vorwerfbarkeit ordnungswidrigen Handelns geschaffen. Der Tatvorwurf kann (z.B. im Rahmen der Anhörung) direkt an den Vertretungsberechtigten oder den SSBV adressiert werden; ein Organisationsverschulden des Vertretungsberechtigten ist klar zu identifizieren. Dies ist kein akademisches Problem, denn am Forschungsstandort Rossendorf wurden z.B. auch Anschreiben zur Anhörung an den SSBV gesandt. Im beispielhaft genannten Fall handelt es sich dabei um die nach § 70 (1) innerhalb eines Monats fällige Mitteilung über den Erwerb radioaktiver Stoffe (s. Abb. 1 und 2), die nicht erfolgt war. Die Anfrage der Behörde richtete sich mit der Aufforderung zur Stellungnahme an den SSBV.

5. Der SSBV als Bindeglied zwischen RPO und RPE

Im Entwurf der Novelle zu den EU Grundnormen [10] wird zur Organisation des Strahlenschutzes insbesondere auf den Rad. Prot. Officer (RPO) und den Rad. Prot. Expert (RPE) abgestellt.

> ***Radiation protection expert*** *means an individual or, if provided for in the national legislation, a group of individuals having the knowledge, training and experience needed to give radiation protection advice in order to ensure the effective protection of individuals, and whose competence in this respect is recognised by the competent authority.*
>
> ***Radiation protection officer*** *means an individual who is technically competent in radiation protection matters relevant for a given type of practice to supervise or perform the implementation of the radiation protection arrangements*

Die Abbildung des RPO im deutschen Strahlenschutzrecht sollte keine Probleme bereiten, die wörtliche Übersetzung mit „Strahlenschutzbeauftragter" zeigt die Richtung an.

Für den RPE sind dagegen sowohl eine vollständig unternehmensinterne als auch eine vollständig externe Verortung denkbar.

Der SSBV, z.B. mit der Aufgabenübertragung wie im Abschnitt 3 geschildert, ist genau das Bindeglied zwischen RPO und RPE, denn die zentralen Einrichtungen des Strahlenschutzes bestehen genau aus RPEs (s. Definition RPE...means an individual or a group of individals…) und der SSBV leitet diese an und koordiniert deren Zuarbeit für den SSB bzw. RPO.

Einerseits ist der RPE auf diese Weise eindeutig und uneingeschränkt in die Organisationsstruktur des Unternehmens oder der Einrichtung eingebunden. Andererseits wird der SSV nicht darin eingeschränkt, einen Dritten beispielsweise mittels dienstvertraglicher Regelung als SSBV einzubinden.
Wir dürfen auf die Umsetzung der novellierten EU-Grundnormen in deutsches Rechtgespannt sein.

6. Literaturverzeichnis

[1] Winters, Karl-Peter, Zur Novellierung des Strahlenschutzrechts, DVBL, 1977, S. 31

[2] Bundesrats-Drucksache 375/76 vom 03.06.1976, S. 35

[3] Brinkmann, Michael, Der Strahlenschutzverantwortliche: Wer ist das überhaupt, Strahlenschutzpraxis 1/98 und Bundesrat-Drucksache 207/01 vom 16.03.2001, S. 236

[4] Bundesrat-Drucksache 207/01 vom 16.03.2001, S. 236

[5] GMBL des BMU vom 17.10.2011, Richtlinie zum Strahlenschutz in der Medizin, S. 873

[6] Winters, ebenda, S. 337

[7] ZUSAMMENARBEITSVEREINBARUNG Nr. 1 zwischen dem Helmholtz-Zentrum Dresden - Rossendorf e. V. (HZDR) und dem Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e. V. (VKTA) betreffend die Gewährleistung des Strahlenschutzes vom 15.10.2012

[8] Aufgabenzuweisung und Zuständigkeitsabgrenzung im Strahlenschutz"; STRAHLEN-SCHUTZANWEISUNG NR. 1 des VKTA Rossendorf, in Kraft gesetzt am 15.10.2012

[9] Richtlinie über die im Strahlenschutz erforderliche Fachkunde (Fachkunde-Richtlinie Technik nach Strahlenschutzverordnung); Herausgeber: Bundesministerium für Um welt, Naturschutz und Reaktorsicherheit vom 18.06.2004, geändert durch Rundschreiben vom 19. April 2006

[10] Proposal for a Council Directive laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation; No. Cion prop.: 10926/12 ATO 90 SOC 501 SAN 149; COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, Brussels, 24 May 2013

STRAHLENSCHUTZORGANISATION UND STRAHLENSCHUTZ-AUSBILDUNG IN EUROPA

J.-W. Vahlbruch

Institut für Radioökologie und Strahlenschutz der Leibniz Universität Hannover, Deutschland

Zusammenfassung
In einem Europa ohne innere Grenzen wächst das Bedürfnis zur gegenseitigen Anerkennung von Berufsabschlüssen und –qualifikationen, um den grenzüberschreitenden Verkehr von Arbeitskräften nicht zu behindern. Da die Strahlenschutzausbildung und damit auch die Qualifikationen im Strahlenschutz unmittelbar mit der Strahlenschutzorganisation zusammenhängen, werden in diesem Beitrag die Strukturen im Strahlenschutz für verschiedene europäische Länder vorgestellt und im Hinblick auf die Kompatibilität mit dem deutschen System verglichen. Mit dem Prozess der gegenseitigen Anerkennung von Qualifikationen untrennbar verbunden sind darüber hinaus Neuerungen in der Strahlenschutzorganisation durch die Novellierung der EU-BSS.

Summary
Education in Radiation Protection varies considerably in the different European Countries. As there is free movement of staff and services in between these European Countries one of the main objectives of the European Union is to compare the different implementations and to identify similarities. Therefore, in this paper the German and different European Systems are explained shortly and the relevant topics of the Revision of the European Basic Safety Standard are presented..

Schlüsselwörter *Strahlenschutzausbildung, Strahlenschutzorganisation, Strahlenschutzbeauftragter*

Keywords *education and training in radiation protection, radiation protection officer, radiation protection expert*

1. Einleitung

Durch die im Sommer 2013 abgeschlossene Novellierung der EURATOM Grundnormen (EU-BSS) [1-2] wurden vier Klassen von im Strahlenschutz tätigen Personen definiert: Neben dem „Radiation Worker“ (RW) und dem „Medical Physics Expert“ (MPE) wurden mit dem „Radiation Protection Officer“ (RPO) und dem „Radiation Protection Expert“ (RPE) zwei Personen oder Personengruppen definiert, die bisher zusammengefasst durch den so genannten „Qualified Expert“ beschrieben worden sind. Ziel der Einführung insbesondere des RPOs und des RPEs war es, Funktionen und Qualifikationen sowie Ausbildungsabschlüsse im Bereich des Strahlenschutzes in Europa zu harmonisieren, vergleichbarer zu machen und damit schließlich die Freizügigkeit von Arbeitskräften innerhalb Europas zu unterstützen. In der novellierten EU-BSS sind RPO und RPE wie folgt definiert [2]:

RPO:
“Radiation protection officer means an individual who is technically competent in radiation protection matters relevant for a given type of practice to supervise or perform the implementation of the radiation protection arrangements”

RPE:
“Radiation protection expert means an individual or, if provided for in the national legislation, a group of individuals having the knowledge, training and experience needed to give radiation protection advice in order to ensure the effective protection of individuals, and whose competence and capacity to act is recognised by the competent authority”

Anhand der Definitionen von RPE und RPO erkennt man, dass der RPE in der Regel als externer Berater („give advice“) mit ausgewiesenen Fachkenntnissen gedacht ist. Dabei ist seine behördliche Anerkennung vorgeschrieben. Der RPO hingegen soll die Strahlenschutzvorgaben in dem Betrieb umsetzen. Er wird in der Regel Teil des Unternehmens sein, und muss im Gegensatz zum RPE nicht behördlich anerkannt sein. Die grundlegende Idee dieser Strahlenschutzorganisation ist in Abbildung 1 skizziert.

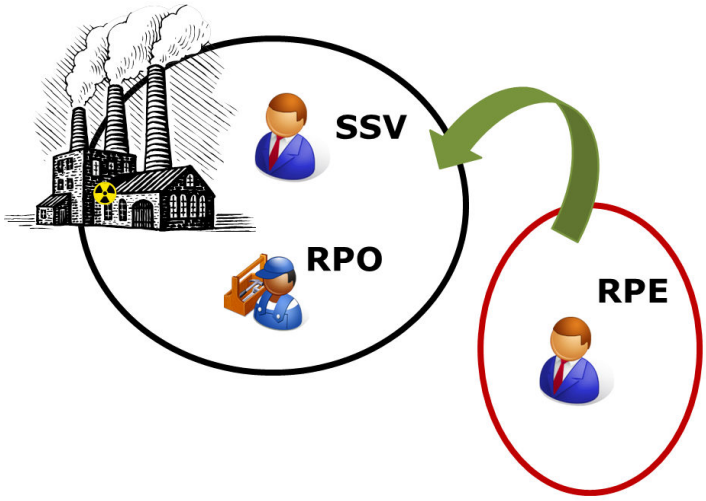


Abb. 1: Strahlenschutzorganisation gemäß novellierter EU-BSS

Da die Vorgaben der EU-BSS innerhalb von vier Jahren ins nationale Recht umzusetzen sind, muss überlegt werden, wie die Aufgaben und Funktionen von RPO und RPE in das deutsche Strahlenschutzsystem implementiert werden sollen und mit der deutschen Strahlenschutzkultur in Einklang zu bringen sind.

2. Die Organisation des Strahlenschutzes in Deutschland und Europa

Die Organisation des Strahlenschutzes wird in Deutschland in der Strahlenschutz- und Röntgenverordnung [3-4] identisch geregelt. Strahlenschutzverantwortlicher ist, wer einer Genehmigung bedarf oder eine Anzeige zu erstatten hat. Für die fachliche Umsetzung des Strahlenschutzes vor Ort werden Strahlenschutzbeauftragte (SSBs) benötigt. Darüber hinaus können auch sonstige Personen ohne Fachkunde mit radioaktiven Stoffen umgehen oder Röntgenstrahlung anwenden, sofern sie über die notwendigen Kenntnisse im Strahlenschutz verfügen. Voraussetzung für die Bestellung zum Strahlenschutzbeauftragten ist allerdings die so genannte Fachkunde im Strahlenschutz. Sie besteht in der Regel aus einer geeigneten technischen Ausbildung, genügend Berufserfahrung und dem Nachweis über die erfolgreiche Teilnahme an einem behördlich anerkannten Strahlenschutzkurs. Der Erwerb der Fachkunde wird von der zuständigen Stelle geprüft und bescheinigt.

In dieser Organisation des Strahlenschutzes spiegelt sich die Strahlenschutzkultur und -philosophie in Deutschland wider: durch die Bestellung von fachkundigen Strahlenschutzbeauftragten, die vor Ort nicht nur beratend tätig sind sondern Verantwortung für den Strahlenschutz übernehmen, soll sichergestellt sein, dass ein kompetenter Ansprechpartner kurzzeitig zur Verfügung steht, um den Strahlenschutz zu gewährleisten. Durch die Zugehörigkeit zum Betrieb ist es dem Strahlenschutzbeauftragten möglich, schnelle und zügige Entscheidung zu treffen, da er sowohl das personelle als auch räumliche Umfeld genauestens kennt. Allerdings kann in den seltensten Fällen davon ausgegangen werden, dass es sich bei einem Strahlenschutzbeauftragten um einen echten Experten handelt, denn viele Strahlenschutzbeauftragte sind nur für einen kleinen Bruchteil ihrer normalen Arbeitszeit mit Strahlenschutzaufgaben betraut und verfügen dementsprechend auch nicht über eine breite akademische Ausbildung im Strahlenschutz (tatsächlich besitzen viele Strahlenschutzbeauftragte im technischen Bereich eine abgeschlossene Berufsausbildung). Um zu gewährleisten, dass die Ausbildung eines Strahlenschutzbeauftragten vor Ort ausreichend ist, entstand durch verschiedene Fachkunderichtlinie geregelt ein System von differenzierten Fachkundegruppen. Insgesamt existieren in Deutschland ungefähr 60 verschiedene Fachkundegruppen für die unterschiedlichen Tätigkeiten (differenziert nach medizinischen oder technischen Anwendungen sowie nach Tätigkeiten nach Strahlenschutz- oder Röntgenverordnung). Die Komplexität dieses Systems ist dabei häufiger Gegenstand der Kritik (siehe z.B. [5-7]).

2.1 Wer trägt die Verantwortung?

2.1.1 Deutschland

Zentraler Bestandteil einer Strahlenschutzorganisation muss immer die Frage nach der Verantwortung sein. Im deutschen System übernimmt der Strahlenschutzverantwortliche (wie der Name schon sagt) Verantwortung in dem Sinne, als dass er für die Organisation des Strahlenschutzes, für die Bereitstellung hinreichender Ressourcen zur Implementierung des Strahlenschutzes und für die Umsetzung einiger weiterer Pflichten verantwortlich gemacht wird. Gleichzeitig mehrt sich die Verantwortung (verteilt sich also auf mehreren Schultern) durch die Bestellung eines Strahlenschutzbeauftragten, der für seinen (bei der Bestellung schriftlich festgelegten) Entscheidungsbereich ebenfalls Aufgaben und Pflichten übernimmt und damit Verantwortung trägt. Da die Abgrenzung der Aufgaben und Pflichten und damit auch der Verantwortung sowohl zwischen verschiedenen Strahlenschutzbeauftragten in einem Unternehmen als auch zwischen Strahlenschutzbeauftragten und -verantwortlichen eindeutig geregelt sein muss, gewährleistet dieses Systems eine verlässliche und eindeutige Abbildung der Verantwortlichkeiten. Die prinzipielle Organisation des Strahlenschutzes in Deutschland wird in Abbildung 2 skizziert.

Nochmal: In diesem System wird sichergestellt, dass mit dem SSB eine Person vor Ort Verantwortung übernimmt, die die konkreten räumlichen und personellen Gegebenheiten sehr gut kennt und durch die Anwesenheit vor Ort kurzfristig die richtigen Maßnahmen umsetzen (und verantworten) kann. Damit der SSB, der in der Regel kein akademisches Studium absolviert hat, dieser Verantwortung gerecht werden kann, benötigt er eine differenzierte und auf seine Gegebenheiten angepasste Ausbildung. Daraus wiederum erklärt die zum Teil verwirrende Vielfalt an unterschiedlichen Fachkundegruppen in Deutschland.

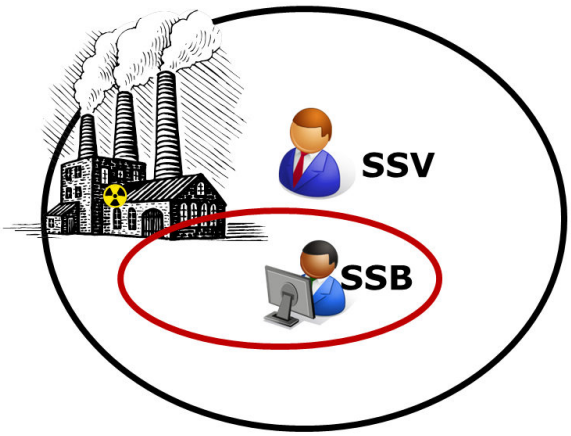


Abb. 2: Strahlenschutzorganisation in Deutschland

So selbstverständlich uns Deutschen diese Struktur erscheinen mag, so wenig selbstverständlich ist diese im europäischen Kontext. Schon an den oben zitierten Definitionen von RPE und er RPO erkennt man, dass eine Zuordnung dieser Funktionen ins deutsche System nicht trivial ist. Dies erklärt sich, wenn ein Blick auf die Strahlenschutzorganisation anderer europäischer Länder geworfen wird, die sich erheblich von der deutschen unterscheidet.

2.1.2 Niederlande

In den Niederlanden werden beispielsweise lediglich sieben verschiedene Ausbildungsstufen im Strahlenschutz unterschieden. Die Ausbildungskategorien reichen von „Level 5“ (geringstes Ausbildungsniveau) bis zu „Level 2“ (höchstens Ausbildungsniveau) und orientieren sich immer an den unterschiedlichen Gefährdungspotenzialen. Eine Unterscheidung zwischen offenen und umschlossenen radioaktiven Stoffen findet zwar statt, aber nicht notwendigerweise zwischen dem Strahlenschutz beim Umgang mit umschlossenen radioaktiven Stoffen oder Röntgeneinrichtung. Zwar ist eine Ausbildung für die „radiation worker“ gesetzlich nicht vorgesehen, allerdings wird in vielen Bereichen von den Betrieben eine „Level 5“-Ausbildung dieser Personengruppe angestrebt und umgesetzt. Strahlenschutzfachkräfte mit einer Ausbildung gemäß „Level 2“ oder „Level 3“ müssen behördlich registriert sein, Personen mit einer Ausbildung entsprechend „Level 4“ oder „Level 5“ hingegen nicht. Insgesamt existieren damit in den Niederlanden ca. 4.500 Personen mit einer anerkannten behördlichen Funktion im Strahlenschutz.

Diese Zahl mag hoch erscheinen, relativiert sich aber beim Blick auf die in Deutschland behördlich registrierten Strahlenschützer. Die Anzahl der fachkundigen Personen, insbesondere der Strahlenschutzbeauftragten, kann für Deutschland grob anhand der nach StrlSchV und RöV notwendigen Anzeigen und Genehmigungen abgeschätzt werden. Im Jahresbericht des BMU sind für 2010 gut 16.000 gültige Genehmigungen nach StrlSchV und ca. 50.000 genehmigte oder anzeigepflichtige Röntgengeräte gemeldet worden (ohne Zahnmedizin, siehe Tabellen 1 und 2) [8]. Rechnet man pro Genehmigung und Anzeige mit zwei Strahlenschutzbeauftragten ergibt sich eine Anzahl an Strahlenschutzbeauftragten von über 130.000. Man bedenke: Jeder einzelne SSB ist dabei behördlich registriert (mit seinem Entscheidungsbe-

reich, seinen Aufgaben und Pflichten und seiner Weisungsbefugnis) – und die dazugehörige Fachkunde ebenfalls!

Tab. 1: Anzahl der in Deutschland im Jahr 2010 nach StrlSchV genehmigten Tätigkeiten (ohne Nachträge, Änderungen und Verlängerungen), siehe [8]

Bezug	Anzahl
§7 StrlSchV	12747
§ 11 StrlSchV	843
§ 15 StrlSchV	2964
Summe	**16554**

Tab. 2: Anzahl der in Deutschland im Jahr 2010 nach RöV angezeigten und genehmigten Röntgengeräte, siehe [8]

Bezug	Anzahl
Genehmigungen Humanmedizin - Behandlung	375
Genehmigungen Humanmedizin - Diagnostik	4790
Anzeigen Humanmedizin - Diagnostik	37140
Genehmigungen Zahnmedizin - Diagnostik	5740
Anzeigen Zahnmedizin - Diagnostik	88142
Genehmigungen Tiermedizin	1903
Anzeigen Tiermedizin	5863
Summe	**143953**

2.1.3 Belgien und Großbritannien

In Belgien wiederum erscheint aus deutscher Sicht die Strahlenschutzorganisation noch erstaunlicher: Insgesamt unterscheidet Belgien bei den von behördlicher Seite aus anerkannten Strahlenschutz-Fachleuten bzgl. der Ausbildung lediglich zwei Klassen, nämlich Experten der Klasse eins und der Klasse zwei. Von beiden Kategorien existieren insgesamt ca. 60 Strahlenschützer, so dass ganz Belgien mit insgesamt 120 Strahlenschutz-Experten auskommt. Dementsprechend existiert auch nur ein kleines und nicht sehr differenziertes Angebot von Strahlenschutzkursen, die im Wesentlichen vom SCK/CEN in Mol angeboten werden. Man mag einwenden, dass dies daran liegt, dass Belgien ein im Vergleich zu Deutschland kleines Land sei. Dies ist zwar richtig, trifft aber nicht den Kern. Wirft man nämlich einem Blick auf Großbritannien, so stellt man fest, dass auch in Großbritannien lediglich 500 Strahlenschutz-Experten registriert sind (so genannte „Radiation Protection Adviser“ (RPA), die gemäß der Definition der Aufgaben und Pflichten in weiten Teilen dem RPE entsprechen). Verständlicher wird die geringe Anzahl an behördlich registrierten Strahlenschutzfachleuten, wenn die Strahlenschutzstrukturen in diesen Ländern genauer betrachtet werden. Neben der Ausbildung der „radiation worker“, also der beruflich strahlenexponierten Person vor Ort, die durchaus auch in Strahlenschutzkursen organisiert sein kann aber nicht verbindlich geregelt ist, haben diese Länder das System eines externen Beraters etabliert. Damit entspricht die Strahlenschutzorganisation und -kultur den Vorstellungen, die sich auch in der novellierten EU-BSS wiederfindet.

Bezüglich der Verantwortung ist dies eine dem deutschen System konträre Struktur. So liegt in Großbritannien die Verantwortung mehr oder weniger vollständig beim Unternehmer, der einen behördlich anerkannten RPA hinzuziehen muss. Dieser im Strahlenschutz ausgebildete Experte übernimmt als Berater keine direkte Verantwortung, da diese zunächst beim Unternehmer verbleibt. Umgekehrt ist in einem solchen System kein Angehöriger des Betriebes vorgesehen, der (durch Rechtsvorschriften geregelt) Verantwortung für den Strahlenschutz vor Ort zu übernehmen hat. In letzter Konsequenz muss dann das von einem Experten beratende Unternehmen (wie auch immer) innerbetrieblich sicherstellen, dass die Hinweise des Experten vor Ort umgesetzt werden.

Es mag in der Natur der Sache liegen, dass jedes Land seine Strahlenschutz-Struktur für die beste hält. Eine Studie, um die Erfolge im Strahlenschutz zu vergleichen, wäre in diesem Sinne hoch interessant. Bewertungsfaktoren könnten dabei sowohl die mittlere Strahlenexposition von beruflich im Strahlenschutz beschäftigten Personen sein als auch die Anzahl von meldepflichtigen Ereignissen. Es gibt aber tatsächlich im Moment keinen Grund, das sehr bewährte deutsche System mit seinen verbindlich geregelten Verantwortungsbereichen prinzipiell infrage zu stellen. Allerdings steht man damit vor dem Problem, das deutsche System mit dem europäischen Ansatz verträglich zu machen.

3. Umsetzung der novellierten EU-BSS ins deutsche Recht

Einerseits scheint bei einem Vergleich des deutschen Systems mit den Vorgaben und Definitionen der novellierten EU-BSS (siehe oben) der SSB eher dem RPO zu entsprechen. Die Tatsache, dass ein SSB behördlich registriert sein muss und Verantwortung übernimmt, deutet allerdings andererseits daraufhin, dass der SSB auch als RPE gesehen werden könnte, wobei die meisten SSBs sich selbst sicherlich nicht als „Experten“ einstufen würden. Tatsächlich ist in vielen Ländern ein akademischer Abschluss eine notwendige Voraussetzung, um als RPE anerkannt zu werden. Allerdings finden sich in den novellierten EU-BBS keine verbindlichen Aussagen zur Qualifikation eines RPEs.

Wichtig wird dieser Punkt, weil an zwei Stellen in den novellierten EU-BSS auf den RPE hingewiesen wird:

In Artikel 32 („Consultations with a radiation protection expert“) werden Aufgaben definiert, die zwingend von einem RPE bearbeitet werden müssen und in Artikel 68 (“Tasks for the undertakings”) werden Aufgaben genannt, zu deren Erfüllung ein RPE konsultiert werden muss. Die fachlichen Aufgaben eines RPEs allgemein werden in Artikel 84 („Radiation protection expert“) beschrieben.

Würde also der SSB mit einem RPO gleichgesetzt werden, so müssten für bestimmte Aufgaben (siehe Artikel 32 und 68 der neuen EU-BSS) zwingend RPEs um Rat gefragt werden – zusätzlich zum SSB (bzw. RPO). Einen Ausweg aus dieser unerwünschten Situation bietet der letzte Satz in Artikel 86 („Radiation protection officer“):

„The task of the radiation protection officer may be carried out by a radiation protection unit established within an undertaking or by a radiation protection expert”

Da, wie bereits oben erwähnt, in den EU-BSS keine Mindestanforderungen an die Ausbildung des RPEs gestellt werden, besteht formal wohl die Möglichkeit, jeden SSB nach deutschem Recht als RPE anzusehen. Dies rettet dann das deutsche Strahlenschutzsystem, entspricht al-

lerdings nicht dem Geist der novellierten EU-BSS, wie man anhand der Definitionen von RPO und RPE erkennt. Insbesondere wird so kein Fortschritt im Bereich der Harmonisierung von Ausbildungen im Strahlenschutz erreicht, schließlich bleiben folglich in Deutschland 60 verschiedene Sorten von SSBs (dann gleichzusetzen mit RPEs) bestehen. Die dann wohl einzige sinnvolle Maßnahme sind konkrete bilaterale Vergleiche von Qualifikationen im Strahlenschutz, um Schritt für Schritt Ausbildungsabschlüsse zu vergleichen. Ein Beispiel für einen solchen Vergleich findet sich mit auf der Homepage von EUTERP (www.euterp.eu) mit dem Abschlussbericht „Comparison of the lowest level radiation protection courses in Germany and The Netherlands – a bilateral pilot“ eines Projektes, das Ausbildungsabschlüsse auf geringerem Niveau zwischen Deutschland und den Niederlanden verglichen hat.

4. Ausblick

Zusammenfassend kann also festgehalten werden, dass die Umsetzung der novellierten EU-BBS ins deutsche Recht auch im Bereich Strahlenschutzorganisation und –ausbildung spannend werden wird. Vielleicht sollte im Rahmen der Umsetzung auch darüber nachgedacht werden, ob einzelne Elemente des in der EU-BSS angedachten Systems unsere Strahlenschutzkultur bereichern könnten. So stellt sich bei Anwendungen mit einer hohen bauartbedingten Sicherheit, wie zum Beispiel bei Vollschutz- oder Hochschutzgeräten oder bei Anwendung von umschlossenen und fest eingebauten radioaktiven Stoffen, die Frage, ob eine Schulung in einem ein- oder zweitägigen Kurs tatsächlich genug Inhalte so nachhaltig vermitteln kann, dass die betreffenden Personen der Bezeichnung „Strahlenschutzbeauftragter“ auch tatsächlich gerecht werden können. Verschiedene Kursveranstalter in Deutschland haben im Rahmen der alle fünf Jahre stattfindenden Aktualisierung der Fachkunde vermehrt das Gefühl, dass die Kenntnisse mancher Kursteilnehmer bezüglich des Strahlenschutzes nur noch als marginal bezeichnet werden können. So fehlt häufig ein grundlegendes Verständnis von Dosisbegriffen, ein Gefühl für die natürliche Strahlenexposition und auch die wesentlichen Rechtsgrundlagen sind kaum noch vorhanden. Dies stellt für den Strahlenschutz tatsächlich kein großes Problem dar, da die Gewährleistung des Strahlenschutzes bei diesen Anwendungen im Wesentlichen bereits durch die Bauart gegeben ist: genau aus diesem Grund sehen die Richtlinien für diese Fachkundegruppen auch nur kurze Kurse vor. Es stellt sich aber die Frage, ob bei diesen sehr sicheren Anwendungen es hilfreich sein könnte, anstelle eines Strahlenschutzbeauftragten einen tatsächlichen RPE hinzuzuziehen, der zwar nicht vor Ort verfügbar ist (was bei diesen Geräten in den allermeisten Fällen auch nicht notwendig ist), aber dafür als echter „Experte“ sich in angemessener Zeit bei dem Unternehmen melden und Probleme besprechen oder Fragen beantworten könnte. Falls solche Überlegungen bei der Umsetzung berücksichtigt werden würden, wäre allerdings eine qualitätssichernde Vorgehensweise für die Auswahl von RPEs unbedingt notwendig.

5. Literaturverzeichnis

[1] RICHTLINIE 96129/EURATOM DES RATES vom 13. Mai 1996 zur Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlungen, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 159/1, 29.06.1996

[2] Draft Euratom Basic Safety Standards Directive, 8682/1/13, 08.05.2013

[3] Strahlenschutzverordnung vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714; 2002 I S. 1459), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 4. Oktober 2011 (BGBl. I S. 2000)

[4] Röntgenverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 30. April 2003 (BGBl. I S. 604), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 4. Oktober 2011 (BGBl. I S. 2000)

[5] Lothar Spieß: Strahlenschutzanwendung in der Technik. In: Strahlenschutzpraxis 1/2013, S. 34-37

[6] Lothar Spieß: Vorschläge zur Neugliederung der Fachkunde-Richtlinie für Technik. In: Strahlenschutzpraxis 1/2013, S. 85-87

[7] Karl-Ludwig Stange: Neue Kurse braucht das Land. In: Strahlenschutzpraxis 2/99, S. 28-31, 1999

[8] Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung, Jahresbericht 2010, Hrsg.: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Teil B - V – Umgang mit radioaktiven Stoffen und ionisierender Strahlung, Abschnitt 3.1, S. 266 ff.

RPE UND RPO IN DER REVIDIERTEN SCHWEIZERISCHEN STRAHLENSCHUTZGESETZGEBUNG

S. G. Jahn[1)], N. Stritt[2)], S. Bogni[2)], M. Hammans[3)], B. Dürst[4)], G. Kühne[5)], A. Besançon[6)]

[1)] Eidg. Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI), Brugg, Schweiz
[2)] Bundesamt für Gesundheit (BAG), Bern, Schweiz
[3)] Schw. Unfallversicherungsanstalt (SUVA), Luzern, Schweiz
[4)] Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS), Bern, Schweiz
[5)] Paul-Scherrer-Institut (PSI), Würenlingen, Schweiz
[6)] Institut de radiophysique (IRA), Lausanne, Schweiz

Zusammenfassung
In der Schweiz werden derzeit die Strahlenschutzverordnung sowie weitere nachgelagerte Verordnungen, wie z.B. die Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung, überarbeitet. Hierbei werden die bestehenden Grundsätze, Anforderungen sowie Anerkennungsverfahren bezüglich der Ausbildung im Strahlenschutz grundlegend überdacht und neue Entwicklungen, wie z.B. die neuen europäischen „Grundlegenden Sicherheitsnormen" (EU-BSS), mit berücksichtigt. Aufgrund dieser Überlegungen wurden zunächst Personenkategorien aufgrund ihrer grundlegend unterschiedlichen Verantwortungs- und Aufgabenbereiche im Strahlenschutz festgelegt. Ausgehend von diesen Festlegungen werden die fundamentalen Anforderungen an die jeweilig erforderliche Aus- und Fortbildung dargelegt. In der revidierten Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung werden die im Hinblick auf die jeweilige Anwendung, dem Risiko sowie den Einzelaufgaben verschiedenen Ausbildungs- und Berufsgruppen bezeichnet sowie deren notwendigen Kenntnisse, Erfahrungen und Fähigkeiten als übergeordnete Lernziele formuliert. Weitere Anforderungen an die Aus- und Fortbildung sowie das Anerkennungsverfahren sind ebenfalls in der Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung beschrieben.
Das Resümee der im Beitrag beschriebenen Überlegungen ergab, dass eine Einführung des RPE ins schweizerische Bildungssystem mehr Nachteile als Vorteile bringen würde und zum jetzigen Zeitpunkt auch nicht als notwendig erachtet wird. Zudem wird in der Schweiz abgewartet, zu welchen Ergebnissen die Harmonisierung der Detailanforderungen an die Ausbildung von RPE innerhalb der EU-Staaten führen wird.

Summary
Currently the Swiss "Ordinance on Radiation Protection" and the "Ordinance about Education and Training in RP" are undergoing a revision process. Concerning responsibilities and obligations as well as the capabilities and skills in RP the new ordinances are supposed to take account on the new EU Basic Safety Standard on the one hand and on the other hand to resume the approved approaches on RP in Switzerland. An overview of the planned content of the revised ordinances will be given in this report. In the Swiss system the education, training and retraining of RPO has a higher priority. Particularly it will be described which groups of persons assume the roles of RPE and therefore the definition of RPE in the new Swiss legislation is needless.

Schlüsselwörter *Strahlenschutz-Aufgaben, Kompetenzen, Fähigkeiten, Ausbildung, Strahlenschutzexperten*
Keywords *responsibilities, obligations, capabilities, skills, radiation protection expert*

1. Einleitung

Ähnlich wie in Deutschland basiert der betriebliche Strahlenschutz in der Schweiz auf den Pflichten und Kompetenzen von Sachverständige für den Strahlenschutz (deutsche Bezeichnung: Strahlenschutzbeauftragte), welche von den Bewilligungsinhabern (deutsche Bezeichnung: Genehmigungsinhabern) eingesetzt werden. Die Ausbildung der Strahlenschutzsachverständigen muss behördlich anerkannt sein. Dieses Prinzip ist im Strahlenschutzgesetz verankert und steht nicht zur Disposition, da das Gesetz nicht revidiert werden soll und weil sich dieses Prinzip bewährt hat. Dies war die Ausgangslage zur Überarbeitung der schweizerischen Strahlenschutzverordnung (StSV).

Im Rahmen dieser Überarbeitung wurde überprüft, ob das System der Strahlenschutz-Aus- und Fortbildung in der Schweiz Verbesserungsbedarf aufweist und wie die StSV sowie die Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung revidiert werden müsste. Hierzu wurden die bisherigen Erfahrungen mit dem Strahlenschutz-Ausbildungssystem, Vergleiche mit Bildungssystemen ausserhalb des Strahlenschutzes sowie internationale Entwicklungen in der Strahlenschutzausbildung gesammelt und bewertet. Die hierfür zuständige Teilprojektgruppe aus Behördenvertretern und Kursleitern kam zu dem Ergebnis, dass keine grundlegenden Veränderungen am System erforderlich sind. Als Verbesserungen wurden lediglich Präzisierungen und Ergänzungen in die StSV eingefügt und die Artikel in einer kausalen Weise geordnet.

Da der Revisionsprozess noch nicht abgeschlossen ist, können hier nur grundlegende Züge der neuen StSV im Entwurf aufgezeigt werden. Zudem sind inhaltliche Änderungen möglich.

2. Verbesserter Inhalt der StSV bezüglich Aus- und Weiterbildung im Strahlenschutz

In enger Anlehnung an die bisherige StSV und aufgrund der Analyse bisheriger Erfahrungen innerhalb und ausserhalb des schweizerischen StS-Ausbildungssystems wurden zunächst alle Akteure im Strahlenschutz in Abhängigkeit ihrer grundlegend unterschiedlichen Verantwortungs- und Aufgabenbereiche insgesamt 7 Personenkategorien zugeordnet. Ausgehend von diesen Festlegungen werden die fundamentalen Anforderungen an die jeweilig erforderliche Aus- und Fortbildung dargelegt. Zur Regelung weiterer Details wird auf die Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung verwiesen, welche ebenfalls überarbeitet wird.

Eine der wichtigsten Neuerungen ist die Einführung einer obligatorischen anerkannten Fortbildung für alle Strahlenschutzsachverständige. Bislang galt dies nur für Sachverständige, Strahlenschutztechniker und -Fachkräfte in Kernanlagen sowie für einige sachverständige Personen tätig in Industrie insbesondere in Transport und im medizinischen Bereich. Diese neue anerkannte Fortbildung soll garantieren, dass erlernte Kompetenzen im Strahlenschutz regelmässig wiederholt und aktualisiert werden.

Die Ausbildung für sachverständige Personen im medizinischen Bereich wird neu nicht mehr allgemein in einem Artikel behandelt, sondern wird individuell für die einzelnen Berufskategorien und Anwendungen definiert.

Aus Gründen der Verständlichkeit und weil der Unterschied zwischen Sachverstand und Sachkunde oft zu Unklarheiten geführt hat, wird der Begriff „Sachkunde“ nicht mehr explizit

erwähnt. Stattdessen spricht man allgemein von Ausbildung im Strahlenschutz und der Funktion als sachverständige Person, welche eine anerkannte Ausbildung benötigt.

Der Entwurf der StSV umfasst folgende Aspekte:

- Aufklärungspflichten des Bewilligungsinhabers bezüglich der Personen in seinem Betrieb (z.B. Personal auf dem Überwachungsbereich, Besucher in der kontrollierten Zone, beruflich strahlenexponiertes Personal, die nicht mit Strahlenquellen umgehen)
- Ausbildungspflichten des Bewilligungsinhabers bezüglich folgender Personen,
    1. Personen, welche Umgang mit ionisierender Strahlung haben und dabei die Strahlenschutzmassnahmen zum Selbstschutz und je nach Vereinbarung zum Schutz Dritter wahrnehmen.
    2. Personen, die innerhalb eines Betriebs Strahlenschutzaufgaben anderer Personen gegenüber Dritten übernehmen (z.B. Strahlenschutz-Fachkräfte in Kernanlagen).
    3. medizinisches Personal, welche für den Strahlenschutz der Patienten bei der Anwendung ionisierender Strahlung verantwortlich sind (z.B. Ärzte, Chiropraktiker, Zahnärzte, Tierärzte, Fachleute für medizinisch-technische Radiologie und medizinische Praxisassistentinnen und Praxisassistenten)
    4. Medizinphysikerinnen oder Medizinphysiker, welche für die Qualitätssicherheit der Bestrahlungsanlagen und der Isotopenproduktion sowie der Schutz- und Überwachungsmassnahmen verantwortlich sind und für spezielle medizinische Strahlenexpositionen beigezogen werden.
    5. Sachverständige Personen, die im Auftrag des Bewilligungsinhabers eingesetzt werden und für die Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben in betrieblichen Strahlenschutzanweisungen sowie deren Kontrolle innerhalb des Betriebs verantwortlich sind.
- Ausbildungsverantwortung der Leitung einer Notfallorganisation bezüglich der
    6. Personen, die der Notfallorganisation angehören und im Ereignisfall Strahlenschutzaufgaben übernehmen könnten
- Ausbildungsverantwortung des Bundesamts für Gesundheit bezüglich der
    7. Radonfachpersonen, welche Bauherren und Eigentümer bei der Umsetzung präventiver Radonschutzmassnahmen und Radonsanierungen beraten und unterstützen
- Grundsätzliche Lernziele: Die Ausbildung muss sicherstellen, dass alle oben erwähnten Personen,
    - über die Gesundheitsgefahr der Strahlenexposition informiert sind
    - mit den Grundregeln des Strahlenschutzes vertraut sind
    - eine geeignete Arbeitstechnik beherrschen
    - die für die entsprechende Tätigkeit geltenden Strahlenschutzvorschriften anwenden können
    - die Risiken von Strahlenexpositionen kennen, die sich aus einem Fehlverhalten ergeben können
- Für die Personenkategorien 1 kann die Aufsichtsbehörde fordern, dass die Ausbildung anerkannt werden muss. Die Ausbildung für alle anderen Personenkategorien ist anerkennungspflichtig.

- Anerkennungspflichtige Ausbildungen können
    - als Teil einer beruflichen Ausbildung erfolgen (z.B. Fachleute für medizinisch-technische Radiologie)
    - innerhalb einer Hochschulausbildung (z.B. im Studiengang für Nuklearmediziner)
    - oder als Zusatzausbildung (z.B. Strahlenschutzkurs für Sachverständige für den Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen in Laboratorien)
- Grundsätzliche Anforderungen an den Erhalt und Aktualisierung der Kenntnisse und Fähigkeiten (Fortbildung)
- Anerkennung von Ausbildungsprogrammen bzw. Ausbildungskursen
- Anerkennung von individuell erworbenen Kenntnissen und Fähigkeiten (z.B. ausländische Ausbildungen)
- Aus- und Fortbildungsregister für Personen die eine Verantwortung im Strahlenschutz haben
- Staatliche Unterstützung der Strahlenschutz-Ausbildung, falls der Kompetenzerhalt in bestimmten Bereichen nicht gewährleistet ist und als notwendig erachtet wird.

3. Weitere Regelungen in der "Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung"

In der revidierten Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung werden in Abhängigkeit der jeweiligen Anwendung (Medizin, Kernenergie, Industrie, Forschung, Transport, Notfallschutz, NORM), dem Risiko sowie dem Verantwortungsbereich die Einzelaufgaben im Strahlenschutz für insgesamt ca. 40 verschiedenen Ausbildungs- und Berufsgruppen als übergeordnete Lernziele formuliert. Die daraus abgeleiteten notwendigen Kenntnisse und Fähigkeiten werden durch Angabe der jeweiligen Taxonomiestufe pro Lerninhalt tabellarisch aufgelistet und mit einer empfohlenen Anzahl an Lektionen a 45 min. versehen. Verwendet wurde dabei die Taxonomie von Bloom, wobei jedoch nur fünf Stufen der sechsstufigen Skala genutzt werden. Die Angabe der empfohlenen Lektionenzahl basiert auf dem Erfahrungsrücklauf der letzten Jahrzehnte und soll den Kursanbietern als zusätzliches Hilfsmittel dienen, die Tiefe und Breite des jeweiligen Lerninhalts richtig zu wählen.

Weitere detaillierte Voraussetzungen bezüglich der Anerkennung, wie z.B.

- Vorbildung und Berufserfahrung der Kursteilnehmer,
- Anforderungen an das Prüfungsreglement,
- Ausstattung der Unterrichtsräume, Laborplätze, Schutz- und Messmittel
- Anforderungen an didaktische und fachliche Qualifikation der Dozenten,
- der Anteil an Übungen, Projektarbeiten und Praktika in der jeweiligen Ausbildungsgang bzw. -kurs
- der Inhalt der Zertifikate
- die Meldung an das Aus- und Fortbildungsregister

sind in der Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung festgelegt.

Eine Einteilung in unterschiedliche Module, z.B. in Strahlenschutz-Grundlagen einerseits und Lektionen für anwendungsspezifische Themen, wurde zwar angedacht, aber wieder verworfen, da dies den Ausbildungsveranstaltern überlassen werden soll. Zudem ist der logistische

Aufwand oftmals unverhältnismässig, gemessen an der Anzahl an Personen und Kursen, die davon profitieren könnten.

In der Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung sind ebenfalls die detaillierten Anforderungen an die Fortbildung pro Ausbildungs- und Berufsgruppen, wie z.B. die Periodizität, die minimale Dauer, die Inhalte, die Art der Erfolgskontrollen sowie die Reaktion der Aufsichtsbehörden bei Nichteinhaltung der Fortbildungspflicht. Die Fortbildung, die aus unterschiedlichen Veranstaltungen bestehen kann, sollte gesamthaft folgende Aspekte abdecken: eine Wiederholung der Kernkompetenzen und spezielle Fähigkeiten, Informationen über wissenschaftliche und technische Entwicklungen sowie den aktuellen Stand rechtlicher Vorgaben und den Erfahrungsrückfluss aus Vorkommnissen und interessanter Fälle aus der Praxis.

Eine Liste der „erlaubten Tätigkeiten“ pro Ausbildungs- und Berufsgruppe im Anhang der Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung stellt klar, welche potentiell riskanten Handlungen nur denjenigen Personen mit der jeweiligen anerkannten Ausbildung gestattet ist. Diese Festlegung ist im Zusammenhang mit den Strafbestimmungen in der StSV wichtig. Demnach wird bestraft, wer vorsätzlich oder fahrlässig eine Tätigkeit ausübt, die eine Gefährdung durch ionisierende Strahlen mit sich bringen kann, ohne dafür über die geforderte Ausbildung zu verfügen.

4. Kompatibilitäten zu RPE und RPO

Die EU-BSS sieht einen Radiation Protection Expert (RPE) vor, welcher nach EU-BSS Artikel 4 eine kompetente Strahlenschutzberatung gewährleisten soll und hierfür nach Art. 15 eine anerkannte Ausbildung benötigt. Zudem sieht die EU-BSS in Art. 32 vor, dass die Beratung durch einen RPE für bewilligungspflichtige Betriebe obligatorisch ist. Hierzu wurden folgende Überlegungen angestellt:

Die Aufgaben eines RPE, insbesondere die periodische Überprüfungen der Effektivität von Schutz- und Überwachungsmassnahmen gemäss EU-BSS Art. 32 (d) und (e), werden zum Teil durch den Sachverständigen abgedeckt. Im medizinischen Bereich insbesondere in der Radiologie, interventionelles Radiodiologie, Nuklearmedizin und Radio-onkologie wird der Sachverständige zusätzlich durch den Medizinphysiker unterstützt, dessen Funktion der des RPE weitgehend entspricht. Die Ausbildung der Sachverständigen ist so ausgelegt, dass sie mit der rechtlichen Situation in der Schweiz vertraut gemacht werden und die für ihren Betrieb relevanten Kompetenzen erlernen. Mittels der detaillierten Vorgaben in den Verordnungen, Richtlinien und Bewilligungen sowie der Aufsichtstätigkeit durch die drei schweizerische Strahlenschutz-Aufsichtsbehörde werden die Sachverständigen in Ihren Aufgaben ergänzt und unterstützt.

Weitere Aufgaben des RPE, insbesondere die fachliche Beurteilungen bei der Planung von neuen Anlagen oder Anlagenänderungen bzw. bei der Anwendung von neuen oder geänderten Strahlenquellen gemäss EU-BSS Art. 32 (d) und (e), werden durch die Bewilligungs- und Aufsichtsbehörden durchgeführt. Die Behörden haben sich z.B. innerhalb von Akkreditierungsverfahren, verpflichtet dementsprechende Kompetenzen im Strahlenschutz aufzubauen und weiterzuentwickeln.

Andererseits würde die Einführung eines betriebsexternen RPE zusätzlich zum betriebsinternen Sachverständigen zu einer unklaren Verteilung der Entscheidungsbefugnisse und zu einer Verminderung der Verantwortung des Sachverständigen in der Schweiz führen. Durch die Einführung des RPE würde zudem der enge Kontakt zwischen den Aufsichtsbehörden und den Betrieben gelockert.

Als Resümee dieser Überlegungen wurde von einer Einführung des RPE ins schweizerische Bildungssystem zum jetzigen Zeitpunkt abgesehen, da diese in der bestehende schweizerische System als nicht notwendig erachtet und eher Nachteile als Vorteile bringen würde. Zudem wird abgewartet, zu welchen Ergebnissen die Harmonisierung der Detailanforderungen an die Ausbildung von RPE innerhalb der EU-Staaten führen wird.

Im Übrigen entsprechen die Kompetenzen derjenigen Sachverständigen, zu deren Verantwortungsbereich Anlagen und Anwendungen mit hohem Strahlenrisiko gehören, wie z.B. Kernanlagen, radiologische, radio-onkologische und nuklearmedizinische Abteilungen von Universitätskliniken sowie grösser Industrie- und Forschungsanlagen mit komplexen und breitgefächerten Strahlenanwendungen, dem Anforderungsniveau der EU-BSS an die RPE. Die Anerkennungsverfahren dieser Sachverständigen, der durch die Aufsichtstätigkeiten bedingte intensive Informationsaustausch mit Behördenvertretern sowie die Teilnahme dieser Personen an Veranstaltungen von Fachorganisationen garantieren die Beibehaltung eines hohen Kompetenzlevels.

Die in der EU-BSS dargelegten Aufgaben der RPO werden vollumfänglich durch die Sachverständigen (Personenkategorie 5) sowie durch die Personen der Personenkategorien 2 bis 4 (siehe oben) abgedeckt. Im Gegensatz zur EU-BSS verlangt die Schweiz auch von diesen Personen anerkannte Ausbildungen, da deren Tätigkeiten gesundheitsgefährdende Strahlenexpositionen bewirken können. Eine Harmonisierung sowie eine gegenseitig Anerkennung der Ausbildungen innerhalb der EU wäre aus Sicht der Schweiz wesentlich wichtiger, da die Anzahl der Personen in diesen Personengruppen, die grenzüberschreitend auf dem Arbeitsmarkt suchen bzw. gesucht werden, weit grösser ist, als der Austausch von RPE. Daher wird sich die Schweiz um bilaterale Vereinbarungen zur gegenseitigen Anerkennung dieser Personen, die eher der Gruppe der RPO zu zurechnen ist, engagieren.

KOMPETENZERHALT DURCH AUSBILDUNG

U. Ham, M. Kößler

GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH, Essen, Deutschland

Zusammenfassung
Zur Erfüllung ihrer Aufgaben ist die GNS auf Personal mit spezifischem Fachwissen und Kompetenzen angewiesen. Durch verschiedene Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen begegnet die GNS dieser Herausforderung, um aktuell und zukünftig über geeignetes Fachpersonal zu verfügen.
Dadurch und durch die Strahlenschutzorganisation bei GNS werden bereits heute Anforderungen, die sich aus den zu erwartenden Euratom Basic Safety Standards (BSS) [1] ergeben, erfüllt.

Summary
For fulfilling their tasks GNS depends on personnel with specific knowledge and competence. GNS answers to these challenges by various measures for education and training in order to have skilled personnel available nowadays and in the future.
By these measures and the internal organisation regarding responsibilities in radiation protection requirements resulting from the expected Euratom Basic Safety Standards (BSS) [1] are met.

Schlüsselwörter: *BSS, RPE, RPO, SSB, Ausbildung*
Keywords: *BSS, RPE, RPO, SSB, Education*

1. Einleitung

Die GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH – ein Tochterunternehmen der deutschen Energieversorgungsunternehmen – ist für die Entsorgung der bei Betrieb und Rückbau von Kernkraftwerken anfallenden radioaktiven Reststoffe und Abfälle zuständig. Hierzu betreibt die GNS mehrere Betriebsstätten zum Behandeln und Verpacken von radioaktiven Stoffen sowie Zwischenlager zur Lagerung von LAW-, MAW und HAW-Abfällen. Somit ist GNS Genehmigungsinhaber gemäß § 6 AtG und § 7 StrlSchV und verfügt ebenso über eine Genehmigung zur Tätigkeit in fremden Anlagen gemäß § 15 StrlSchV als auch zur Beförderung gemäß § 16 StrlSchV [2].

Zur Erfüllung der Genehmigungsauflagen und zum sicheren Umgang mit den radioaktiven Stoffen ist es erforderlich, für das jeweilige Aufgabengebiet – insbesondere bezüglich des Strahlenschutzes – qualifiziertes Personal einzusetzen.

2. Ausbildung bei GNS

Aufgrund der unterschiedlichen Aufgaben hinsichtlich des Umgangs mit offenen und umschlossenen Strahlern innerhalb der GNS, die strahlenschutzrelevante Planungsarbeiten ebenso umfassen können wie entsprechende Tätigkeiten vor Ort, muss der jeweilige Mitarbeiter Kenntnisse z. B. in folgenden Bereichen besitzen:

- Messung von Dosisleistung und Kontamination
- Aktivitätsbestimmung mittels Messtechnik und Aktivitätsberechnung mittels Korrelation
- Auslegung von Abschirmungen für γ- und n-Strahlung
- Arbeitsvorbereitung und -planung unter Berücksichtigung des ALARA-Prinzips
- Abschätzung und Überwachung der Dosis
- Durchführung der Umgebungsüberwachung
- Beantragung und Erfüllung von Genehmigungen inkl. Durchführung von Störfallbetrachtungen
- Umsetzung der gesetzlichen Regelwerke (StrlSchV, ADR, etc.)

Zur Erfüllung seiner Aufgaben kann auch die Bestellung zum Strahlenschutzbeauftragten (SSB) für einen definierten Genehmigungstatbestand erforderlich sein.

Um weiterhin und auch zukünftig über das entsprechendes Fachpersonal zu verfügen, verfolgt die GNS mehrere Wege der Mitarbeiterqualifikation. Zum einen werden die Mitarbeiter umfangreich in ihr Aufgabengebiet – z. T. über ein Trainee- und internes Schulungsprogramm – eingearbeitet und die Kenntnisse durch interne Seminare vertieft bzw. aufrechterhalten. Zum anderen werden externe Schulungsmöglichkeiten u. a. an den Kursstätten zur Erlangung der Fachkunde im Strahlenschutz – auch zum gesetzlich vorgeschriebenen Kenntniserhalt – genutzt.

Zusätzlich engagiert sich GNS im Bereich der Hochschulen durch Vorträge zur Abfallbehandlung und Brennstoffentsorgung, unterstützt verschiedene Universitätslehrstühle und bildet Bachelor of Sc. in der Studienrichtung Strahlenschutz in Zusammenarbeit mit der DHBW in Karlsruhe aus, so dass auch auf theoretisch erworbenes Fachwissen im Bereich Kerntechnik, Strahlenschutz und Radiologie zurückgegriffen werden kann.

Somit verfügt der so ausgebildete und geschulte Mitarbeiter über die praktische Erfahrung und die Kenntnisse gemäß der erforderlichen Fachkundegruppe [3], um eine Anerkennung der Fachkunde im Strahlenschutz gemäß § 30 StrlSchV von der zuständigen atomrechtlichen Behörde zu erhalten (z. B. S4.2 „Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen mit Aktivitäten über dem 105fachen der Freigrenze nach Anlage III Tabelle 1 Spalte 2 StrlSchV“). Dies ist für die Bestellung zum SSB erforderlich.

3. Strahlenschutzorganisation der GNS

Die Strahlenschutzorganisation [4] wird in Abb. 1 beispielhaft für einen Genehmigungstatbestand nach § 7 StrlSchV in Verbindung mit § 15 StrlSchV „Umgang mit sonstigen radioaktiven Stoffen in fremden Anlagen“ („Behandlung von radioaktiven Abfällen mittels einer mobilen Konditionierungsanlage in einer kerntechnischen Anlage“) dargestellt [2].

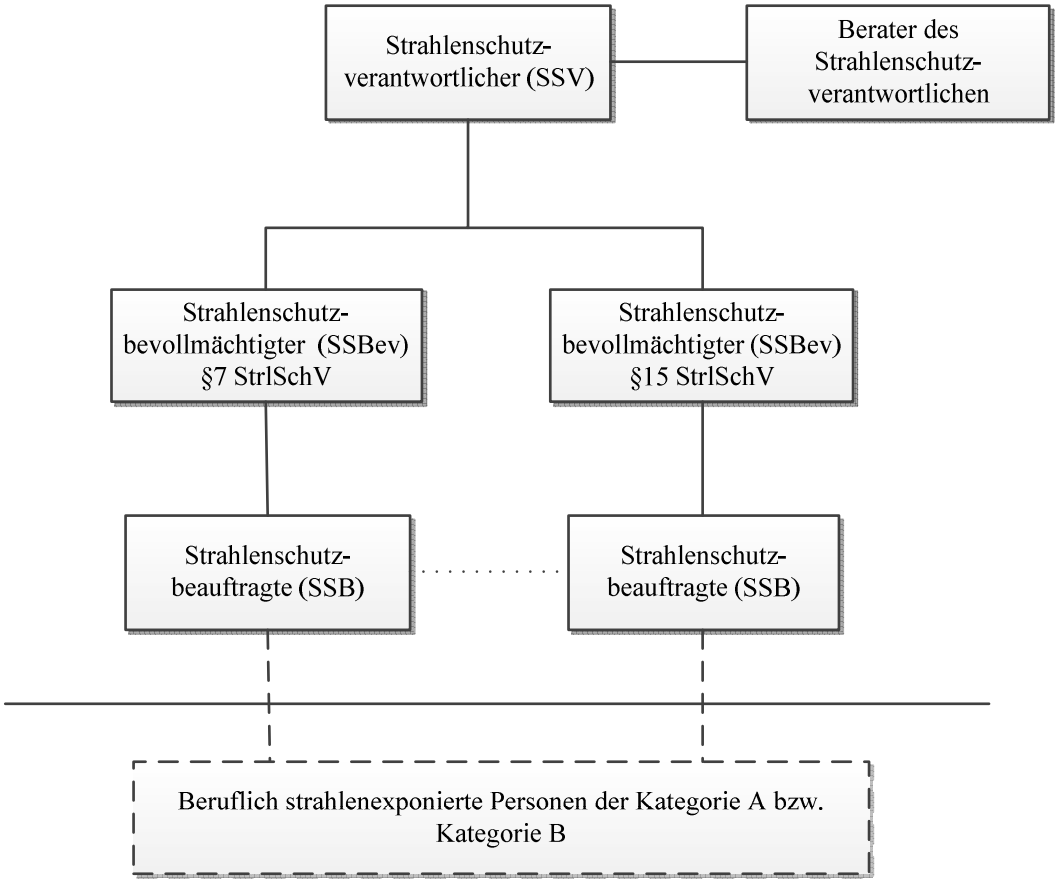


Abb 1: Auszug aus der Strahlenschutzorganisation der GNS [4]

Der Strahlenschutzverantwortliche (SSV) gemäß § 31 (1) StrlSchV trägt die Gesamtverantwortung für den Strahlenschutz. Einen Teil der sich daraus ergebenden Verpflichtungen delegiert er an von ihm bestellte Strahlenschutzbevollmächtigte (SSBev). Der SSV wird durch einen von ihm benannten sachkundigen Berater unterstützt. Der Berater des SSV berät auch alle anderen Verantwortlichen und Beauftragten im Strahlenschutz bei der Wahrnehmung ihrer Aufgaben.

Die SSB werden für eine jeweilige Genehmigung bestellt und sind für die Erfüllung der Pflichten gemäß § 33 StrlSchV und der Genehmigungsauflagen verantwortlich. Dies umfasst etwa Überwachung von Zu- und Abgang von Personen und Material, Bilanzierung des Aktivitätsinventars, mit dem umgegangen wird, Kontrolle der Dosisleistung und Kontamination sowie Dokumentation, aber auch die Organisation/Verwaltung der arbeitsmedizinischen Vorsorge und die strahlenschutztechnische Überwachung der Personen.

4. Vergleich zu den Anforderungen des RPE, RPO

Welche der beschriebenen Funktionen in der Strahlenschutzorganisation entspricht nun dem Radiation Protection Expert (RPE) gemäß den Euratom-BSS [1], welche dem Radiation Protection Officer (RPO)? Welche Maßnahmen zum Kompetenzgewinn und -erhalt werden derzeit ergriffen? Welche sind nach den Anforderungen der zukünftigen Euratom-BSS [1] erforderlich?

Gemäß Art. 84 der Fassung des Rates der Euratom-BSS [1] liegt die Aufgabe des RPE in der Beratung zu allen Belangen des Strahlenschutzes, sei es der Strahlenschutz für die Mitarbeiter, sei es der Strahlenschutz bezogen auf die „allgemeine Bevölkerung“. Seine Fachkunde muss durch die öffentliche Hand anerkannt werden, ihr Erhalt ist zu gewährleisten (Art. 81 der o. g. BSS). Vorgaben zu Umfang und Inhalt des Nachweises sind derzeit noch nicht vorhanden. Die Funktion und Aufgaben des in Abb. 1 genannten „Beraters des Strahlenschutzverantwortlichen“ entsprechen somit denen des RPE, allerdings sind hier zur Zeit nach deutschem Recht kein Nachweis und keine Anerkennung durch Dritte erforderlich.

Die Aufgaben des RPO gemäß Art. 86 der o. g. BSS [1] sind vergleichbar mit jenen des SSB gemäß StrlSchV, was insbesondere die Überwachungs- und Kontrollfunktion angeht. Die Aufgaben des SSB können aber, je nach Profil, über diese hinausgehen und Teile der Aufgabenstellung des RPE umfassen.

Während für den RPO gemäß Art. 81 der o. g. BSS [1] nicht zwingend eine Anerkennung der Funktion auf Basis der nachgewiesenen Fachkunde durch die öffentliche Hand gefordert ist, sondern eine solche Maßgabe im Ermessen des einzelnen Staates liegt, fordert die StrlSchV zwingend den Nachweis und die Anerkennung selbiger durch Dritte.

5. Fazit

GNS verfügt über mehrere Mitarbeiter, die in ihrem jeweiligen Aufgabengebiet auch hinsichtlich des Strahlenschutzes über umfassende Kenntnisse verfügen. Ein Teil dieser Mitarbeiter ist zur Erfüllung der Genehmigung zum SSB bestellt.

Die Beratungsaufgaben des RPE gemäß Euratom-BSS und damit das geforderte Fachwissen beinhalten ein größeres Aufgabenspektrum, als die Aufgaben und die Qualifikation des einzelnen SSB umfassen. Bei GNS sind derzeit ca. 50 SSB eingesetzt, die in Summe ein beträchtliches Fachwissen und einen großen Erfahrungsschatz repräsentieren und für die Lösung von Aufgaben, die in dem Euratom-BSS-Entwurf dem RPE zugeordnet sind, herangezogen werden können.

Die übergreifenden und die Fachaufgaben der GNS betreffenden Beratungsaufgaben werden durch den Berater des Strahlenschutzverantwortlichen, der sowohl über eine anerkannte Fachkunde verfügt, aber auch eine sehr lange berufliche Erfahrung im Strahlenschutz hat, im Sinne des RPE gemäß Euratom-BSS umfassend erfüllt. Es hat sich bewährt, dass bei der Wahrnehmung seiner Beratungsfunktion, der Berater auch auf das Potenzial der SSBs zurückgreift. Insoweit wird es für den deutschen Gesetzgeber darauf ankommen, wie in der neuen StrlSchV die Funktionen des RPE und RPO ausgeformt werden und das bewährte deutsche System bewahrt bleiben kann.

6. Literatur

[1] Euratom Basic Safety Standard in der Fassung des Rates vom 25.Mai 2013

[2] Strahlenschutzverordnung (StrlSchV), 24.02.2012

[3] Fachkunde-Richtlinie Technik nach Strahlenschutzverordnung, 19.04.2006

[4] Strahlenschutzorganisation, OR-Ü-001, GNS, Januar 2012

Themenblock
Umweltstrahlenschutz

SCIENTIFIC BACKGROUND FOR RADIOLOGICAL PROTECTION OF THE ENVIRONMENT AND ITS IMPLEMENTATION INTO IAEA SAFETY STANDARDS

G. Proehl, D. Telleria

International Atomic Energy Agency, Division of Radiation, Transport and Waste Safety, Vienna, Austria

Summary
Radiological protection of the environment has been intensively discussed in recent years. Much progress has been made recently with regard to the development of models: (i) to estimate the uptake of radionuclides by flora and fauna in different habitats and ecosystems; (ii) to calculate internal and external exposures for a wide range of terrestrial and aquatic organisms; and (iii) in investigating and analyzing the effects of radiation exposures to biota. This paper gives an overview of the current status of this work. Furthermore, the current status of the integration of environmental protection into the radiation protection system is also summarized.

Keywords *Radiation Protection, Environment*

1. Introduction

Consideration of protection of the environment from ionizing radiation began in the 1960s and 1970s [1, 2 ,3], in order to investigate the possible harm to marine flora and fauna arising from the practice of disposing of low-level radioactive waste into the oceans. The Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter (London Convention 1972) [3] was an important milestone which stimulated research in this field as well as the development of approaches to take into account impacts of radionuclide substances on non-human species.

For many years the management of environmental releases of radionuclides was based on the evaluation of possible resulting radiation doses to humans. It was considered that the limitation of exposures to the population would also provide an adequate level of protection to flora and fauna [4]. As a result of the pronounced awareness of environmental issues, considerations of were initiated with regard to possible radiological impacts to flora and fauna arising from radionuclides released into the environment. “Protection of people and the environment — now and in the future” is defined as a key principle of safety in [5] and the ICRP [6] recommended demonstrating that the environment is appropriately protected against ionizing radiation.

2. Objectives of radiation protection of the environment

Whereas the objectives of radiation protection of humans are intended to avoid deterministic effects and to limit stochastic effects to individuals [7], the objectives for the protection of the environment are more complex. The consideration of individual animals or plants is not the aim, but approaches in environmental protection target higher organizational levels such as populations, community levels and ecosystems. The goals are related to the conservation of species, the maintenance of biodiversity and the protection of habitats, communities and eco-

systems [6, 7, 8, 9, 10]. These goals are rather generic and they are not quantifiable in a straightforward manner. Furthermore, one has to be aware that — in any environment— ionizing radiation may represent only one of many stressors and is very likely not to be the most important one.

In addition, beyond the sole consideration of radiological impact to humans as well as to flora and fauna, radiological protection of the environment has to ensure the sustainability of natural resources, i.e. agriculture, forestry, fisheries and tourism, and of the use of natural resources. Usually, such considerations are taken into account through the optimization of protection [5, 7].

3. Framework for Radiological Protection of the Environment

With regard to radiological protection of the environment, frameworks have been developed in the context of the EU-funded projects FASSET and ERICA [11, 12] and, in parallel, by the ICRP. The approach takes the system for the radiation protection of humans as an example (Figure 1), it is described in [10, 13]. All three exposure situations (i.e. planned, existing and emergency), are considered, as for humans, the assessment of exposures to both humans as well as to flora and fauna are based on measured or estimated radionuclide concentrations in the environment.

In analogy to the reference person, for the application of the system a number of Reference Animals and Plants (RAPs) have been identified. RAPs represent different ecosystems (e.g. terrestrial, freshwater, marine) and different organisms (i.e. animals and plants). The RAPs are described at the taxonomic level of family, if applicable. RAPs have been selected to represent significant wild life groups that are found in most of the environments around the world. Databases have been elaborated in order to enable the estimation of exposures in different natural environments, and the understanding of the significance of the exposure in terms of biological effects.

Exposures are calculated for RAPs respectively. Decisions needing to be made in relation to human exposure are guided by comparison with dose limits and constraints for planned exposures and with reference levels for existing and emergency exposure situations. Exposures to biota may be evaluated by comparison with Derived Consideration Reference Levels (DCRLs), taking into account the specific conditions of the exposure situations.

4. Scientific Background

Much work was done during the last decade to elaborate the scientific basis for the assessment and evaluation of radiological impacts to flora and fauna. In 2005, the ICRP established a Committee dedicated to Protection of the Environment with the aim of setting up a framework for assessment and evaluation of exposures to biota. The work of the Committee was closely linked to the activities of the EU-funded projects FASSET and ERICA [11, 12].

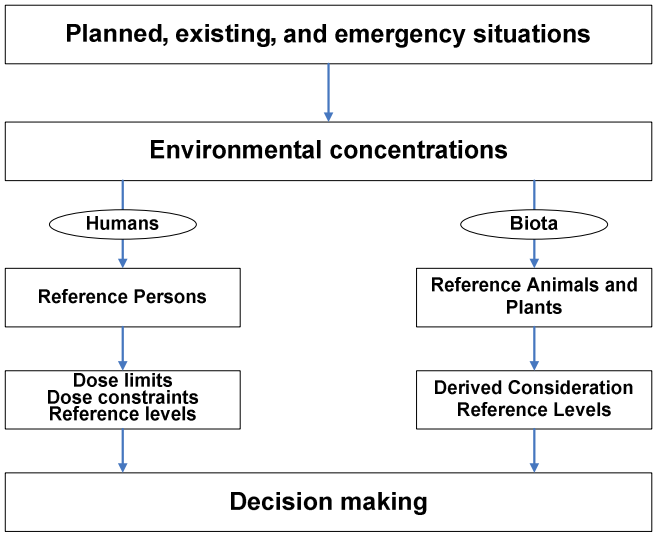


Fig. 1: Scheme for estimating and evaluating exposures to humans and biota

Tab. 1: Reference Animals and Plants as derived in [10]

Ecosystem	Wildlife group	Reference
Terrestrial	Large terrestrial mammal	Reference deer
	Small terrestrial mammal	Reference rat
	Large terrestrial plant	Reference pine
	Small terrestrial plant	Reference grass
	Insect	Reference bee
	Annelid	Reference earthworm
Terrestrial/aquatic	Amphibians	Reference frog
	Aquatic bird	Reference duck
Freshwater	Freshwater pelagic fish	Reference trout
Marine	Seaweed	Reference brown seaweed
	Marine crustaceans	Reference crab
	Marine fish	Reference flatfish (benthic)

The approach to assess exposures is summarized in Figure 2. Following the discharge of radionuclides to the aquatic or terrestrial environments, flora and fauna may receive radiation doses through internal and external exposure. The assessment of exposures to starts from measured or estimated activity concentrations in water, sediments or soil. For their estimation, the same dispersion models may be used as for the estimation of doses to members of the public arising from discharges to the environment.

Specific data needed for the exposures of reference animals and plants are:

- Transfer parameters are compiled to allow the estimation of the uptake by reference animals and plants from water, sediments or soil in order to calculate activity concentrations in reference animals and plants [14]. A compilation of transfer parameters for a wider range of taxa is published in [15]. The values provide the ratio of the average activity concentration in the considered reference organism and the surrounding environmental medium.

- Dose conversion coefficients (DCC) for assessing internal and external radiation exposures to terrestrial and aquatic biota were developed. The DCCs for internal exposure are calculated for a homogeneous distribution of the radionuclides in both terrestrial and aquatic organisms. For the calculation of DCCs for external exposure, it is assumed that aquatic organisms are immersed by water; for terrestrial RAPs, habitats in-soil, on-soil and above-soil are assumed.

Based on an analysis of the existing data on radiation effects in cells, tissues, organisms and — in a few cases — on population and ecosystems, the ICRP has derived a set of Derived Consideration Reference Levels (DCRL) for the 12 RAPs. These DCRLs, which are bands of doses which cover one order of magnitude (Tab. 2), represent bands of doses that are associated with no, or very little, adverse effects. A wide range of effects has been considered and are classified into morbidity, mortality, reduced success in reproduction and mutations.

DCRLs do not represent dose limits, they should be considered as zones of doses at which a more detailed analysis should be carried out. For this evaluation of the exposure conditions, factors should be taken into account such as, e.g. the type of exposure situation (i.e. planned, existing, emergency), the size of area that is affected, the time period for such exposures, the fraction of a population of a species that is exposed to such dose levels, the appropriateness of the database used for the dose estimation, and the degree of precaution that is needed for the assessment.

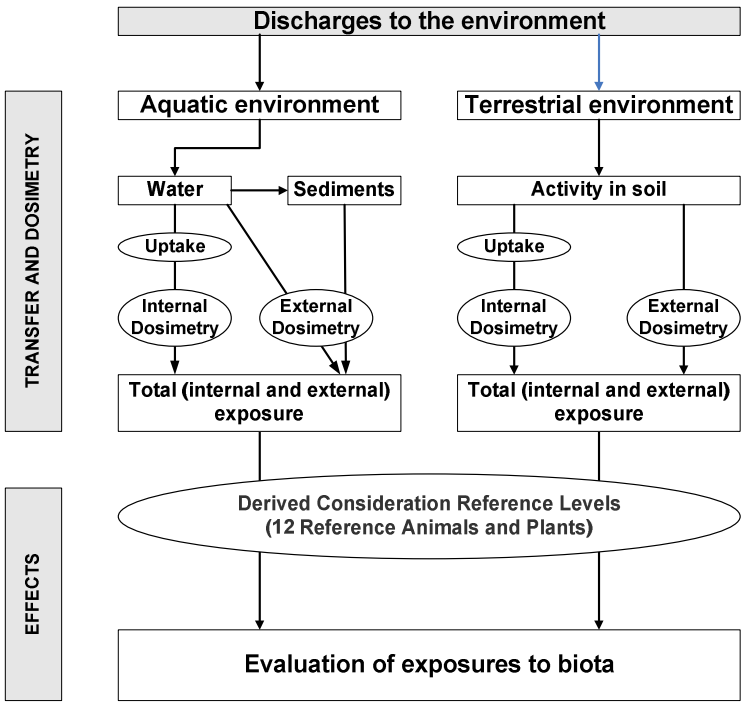


Fig. 2: Scheme to estimate and evaluate exposures to biota in the aquatic and terrestrial environments

Tab. 2: Derived Consideration Reference Levels for Reference Animals and Plants [10]

Reference Animal and Plants	Derived Consideration Reference Level (mGy/d)
Reference deer, rat, duck, pine	0.1-1
Reference frog, trout, flatfish, brown seaweed, grass	1-10
Reference bee, earthworm, crab	10-100

5. Implementation of Radiological Protection of the Environment in the IAEA Basic Safety Standards and related Safety Guides

In the IAEA's International Basic Safety Standards [7], objectives for radiological protection of flora and fauna are defined in accordance with [6] (section 2). However, it is also stressed that radiological protection of the environment should not be considered in isolation since man is an integral part of the environment. Besides the pure radiological protection of man and flora and fauna, the sustainable use of natural resources for e.g. agriculture, forestry fishery and tourism – now and in the future – should be ensured, which is in general warranted by the appropriate application of the optimization principle [5]. The BSS [7] explicitly requires the consideration of protection of the environment for registration and licensing of activities during setting discharge limits for facilities, it is not specified to what level of detail this should be considered. Specific numerical dose levels to be applied for control of exposures of flora and fauna are not included in the BSS.

Protection of the environment is one factor for consideration during optimization in existing and emergency exposure situations.

Four IAEA Safety Guides are currently being revised or newly developed in order to address requirements of the BSS with regard to exposures of the public and the consideration of radiological impacts to the environment from radionuclides released to, or existing in, the environment. Planned, existing and emergency exposure situations are addressed; the recommendations are summarized in the following key points:

- For planned exposure situations, e.g. when setting conditions for radionuclide discharges to the terrestrial or aquatic environments, the lower boundary of the relevant DCRL band (Table 2) should be applied as a reference for protection of different types of biota within a given area. The impact of multiple sources should be taken into account. Should resulting exposures to the different types of biota exceed the lower end of the DCRL, further actions to improve the level of protection could be considered, bearing in mind that DCRLs are not limits and taking into account the specific circumstances of exposures. If doses to the considered biota are above the upper end, the planned activity would very likely create a significant environmental contamination, indicates a stronger need for further protection efforts. The potential environmental consequences of emergency actions should be considered as part of the planning phase, which will in turn involve consideration and optimization of protection strategies.
- For existing and emergency exposure situations, radiological impacts to wildlife cannot, or only marginally, be controlled. However, the environmental consequences of the mitigating and remediation actions for optimizing human protection should be taken into account, as appropriate. The set of the DCRL's might be used for providing infor-

mation of the radiological impacts and possible effects to wildlife and how long such effects are going to exist.

6. Conclusions

Radiological protection of the environment is a topic that has been intensively discussed in the recent years. The main achievements are summarized below:

- Frameworks have been developed to estimate the exposures of reference animals and plants, flora and fauna and to evaluate exposures with regard to adverse effects induced by ionizing radiation. These methods allow the assessment of external and internal exposures to RAPs in terrestrial and aquatic environments.
- For the evaluation of exposures, the ICRP has derived a set of bands of dose rates for the RAPs within which there is likely to be some chance of deleterious effects of ionizing radiation occurring to individuals of that type of reference animal or plant.
- The consideration of the protection of the environment has been included in the International Basic Safety Standards and guidance is currently being developed for the implementation of these requirements.
- It should be noted that routine discharges of radionuclides to the environment that comply with radiation protection criteria for humans may hardly affect wildlife, whereas exposures to wildlife in the band of the Derived Consideration Reference Levels would very likely imply restrictions with regard to human activities in those areas.
- As environmental protection issues attract public attention, further scientific studies would improve the understanding of the interaction of ionizing radiation on communities, habitats and ecosystems and facilitate the communication with the public. This is in particular important for the analysis and evaluation of effects that might be reported for areas affected by nuclear accidents.
- Exposures to humans and to wildlife should not be considered in isolation, but assessed and evaluated in an integrated approach in order to achieve consistent conclusions and well-balanced decisions.

7. References

[1] IAEA: Radioactive Waste Disposal into the Sea; IAEA Safety Series No. 5, Vienna, 1961

[2] IAEA: A Methodology for Assessing Impacts of Radioactivity on Aquatic Ecosystems, TRS-190, IAEA, Vienna, 1979

[3] International Maritime Organization: Final act of the conference with attachment including the Convention for the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter, Intern. Conf. on the Convention on Dumping of Wastes at Sea, London, 30 Oct.–13 Nov. 1972, IMO, London, 1972

[4] ICRP: The 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection; ICRP Publication 60, Elsevier, Exeter, 1991

[5] IAEA: Fundamental Safety Principles; IAEA Safety Standards Series SF-1, 2006

[6] ICRP: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection; ICRP Publication 103, Annals of the ICRP, 27 No. 2-4, 2007

[7] IAEA: Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, General Safety Requirements No. GSR Part 3, IAEA, Vienna, 2011

[8] IAEA: Ethical considerations in protecting of the environment from the effects of ionizing radiation – A report for discussion: IAEA-TECDOC-1270, 2002

[9] ICRP: A Framework for Assessing the Impact of Ionising Radiation on Non-human Species; ICRP Publication 91, Elsevier, Exeter, 2003

[10] ICRP: Environmental Protection: The Concept and Use of Reference Animals and Plants; ICRP Publication 108; Annals of the ICRP, 38 No. 4-6, 2008

[11] Larsson, C.M.: The FASSET framework for assessment of environmental impact of ionising radiation in European ecosystems; Journ. Rad. Prot. 24, A1–A12, 2004

[12] Larsson, C.-M.: An overview of the ERICA Integrated Approach to the assessment and management of environmental risks from ionising contaminants; J. Environ. Radioact. 99, 1364–1370, 2008

[13] ICRP: Protection of the Environment under Different Exposure Situations, Approved for publication

[14] ICRP: Environmental Protection: Transfer Parameters for Reference Animals and Plants, Ann. ICRP 39 (6), 2009

[15] IAEA: Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer to Wildlife, Technical Reports Series, Publication Approved, Vienna, 2013

UMWELTSTRAHLENSCHUTZ – DAS NEUE KONZEPT DER ICRP

C. Kaps[1)], B. Lorenz[2)]

[1)] Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung e.V., Berlin, Deutschland
[2)] GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH, Essen, Deutschland

Zusammenfassung
Lange Zeit reduzierte sich der Umweltstrahlenschutz auf das einfache Konzept: Wenn der Mensch geschützt ist, ist auch die Umwelt ausreichend geschützt. Das leitete sich aus der Strahlenempfindlichkeitskurve ab, wonach höher entwickelte Lebewesen strahlenempfindlicher sind und der Mensch als ein sehr hoch entwickeltes Lebewesen gilt. Spätestens mit der Veröffentlichung der ICRP Publikation 103 [1] ist dieses einfache Konzept infrage gestellt. Zuvor hatte die ICRP bereits ein eigenes Komitee gegründet, um diesem Thema nachzugehen. Ende 2012 wurde von der ICRP ein neues Umweltstrahlenschutzkonzept [2] im Internet zur Diskussion gestellt, das auf den so genannten Referenztieren und –pflanzen, (RAPs), aufbaut. Es wird ein Konzept empfohlen, welches analog dem Konzept für den Menschen funktionieren soll. Die Expositionen von repräsentativen Organismen soll abgeschätzt und mit so genannten Dosis-Referenzniveaus[1] (Derived Consideration Reference Levels – DCRLs), die für die RAPs festgelegt sind, verglichen werden. Sind die DCRLs erreicht oder überschritten, besteht Handlungsbedarf. Das neue Konzept gibt Anlass zu einigen Fragen.

Summary
Protection of the environment regarding radiation protection was so far reduced to the concept: if man is protected the environment is protected well enough. This was derived from the radiosensitivity curve, according to which highly developed organisms are more sensible to radiation than less highly developed. ICRP publication 103 [1] put this simple concept in question. Even before, ICRP set up a committee to discuss this theme. End of 2012 ICRP released a new concept of environmental protection regarding different exposure situations and brought it up for discussion in the internet [2]. This concept is based on Reference Animals and Plants (RAPs) and analogous to the concept of the protection for man. The exposure for representative organisms regarding ionizing radiation shall be estimated and compared with Derived Consideration Reference Levels (DCRLs). If the DCRLs are reached or exceeded there is a need to react. This concept raises several questions.
Schlüsselwörter *Umwelt, Referenztiere und –pflanzen, RAP, Dosis-Referenzniveaus, DCRL*
Keywords *Environment, Reference Animals and Plants, RAP, Derived Consideration Reference Levels, DCRL*

[1] Freie Übersetzung im inhaltlichen Sinne

1. Einleitung

Strahlenschutz ist schon lange nicht mehr nur der Schutz des Menschen vor den gefährlichen Auswirkungen ionisierender Strahlung. Sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene wurde und wird auch der Schutz der Umwelt gefordert. Die ICRP hat zu diesem Zweck bereits 2005 das Komitee 5 gegründet. Auf ihrer Sitzung im April 2013 hat nun die Hauptkommission der ICRP ein neues Konzept zum „Schutz der Umwelt bei unterschiedlichen Expositionssituationen“ gebilligt und zur Veröffentlichung freigegeben [2]. Damit wird ein neues Kapitel im Umweltstrahlenschutz aufgeschlagen.

Das Prinzip des Umweltstrahlenschutzes der ICRP beruht auf einer abstrahierten Abbildung natürlicher Biotope. Unterschieden wird nach terrestrischen und aquatischen Biotopen, wobei hier weiter zwischen limnischen und marinen Biotopen unterschieden wird. Da es nicht möglich ist, ein Biotop in seiner Gesamtheit abzubilden, wurden ubiquitäre Organismen als Vertreter der einzelnen Biotope ausgewählt. In Anlehnung an das Konzept der ICRP-Referenzperson [3] wurden für die drei Biotope zwölf Referenztiere und –pflanzen, die RAPs, festgelegt [4] s. Abb. 1.

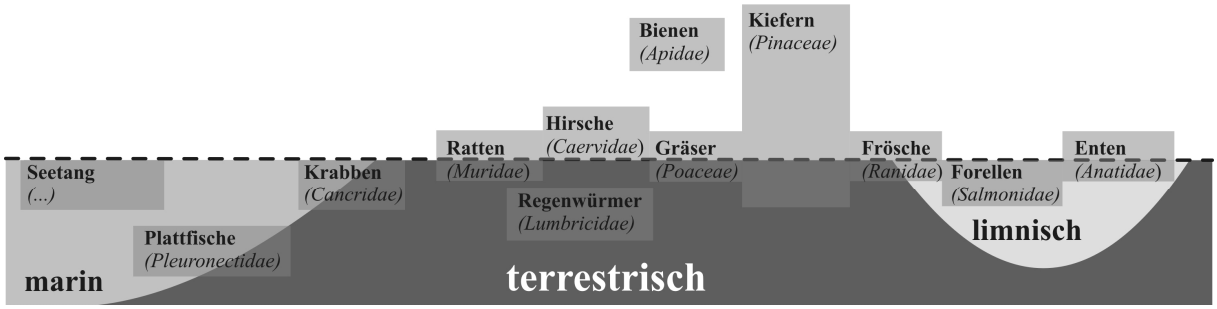


Abb. 1: Referenztiere und –pflanzen nach ICRP Publikation 108 [4]

Im Gegensatz zum menschenbezogenen Strahlenschutz stand beim Umweltstrahlenschutz bisher nicht das Individuum, sondern die Population respektive die Arterhaltung im Vordergrund. Das ist grundsätzlich immer noch so. Mit der Einführung so genannter Dosis-Referenzniveaus (Derived Consideration Reference Level, DCRL) soll der Schutz der Umwelt nun aber zusätzlich über den Schutz einer repräsentativen Gruppe von Individuen geregelt werden. Grundsätzlich orientiert sich die ICRP an dem für den Menschen etablierten System. Zunächst wird eine Referenz bestimmt, beim Menschen war das die Referenzperson, eine Mischung zwischen Mann und Frau, auf die der Strahlenschutz angewendet werden soll. Diese Funktion übernehmen hinsichtlich des Umweltstrahlenschutzes nun die RAPs. Für die Bestimmung konkreter Schutzmaßnahmen gegenüber einer Strahlungsquelle wurde im menschlichen System eine repräsentative Person bestimmt (früher kritische Gruppe). Beim neuen Umweltschutz übernimmt diese Funktion ein repräsentativer Organismus oder eine Gruppe von Organismen. Diese müssen im Einzelfall definiert werden und können identisch sein mit den RAPs oder auch nicht. Dies ist notwendig, da es Biotope gibt, deren Artzusammensetzung vollständig von den drei - von der ICRP gewählten - Standardbiotopen abweicht. Als Analogon zu den Grenzwerten fungieren die DCRLs. Wobei der Begriff „Grenzwert“ bewusst nicht verwendet wird. Analog zu den Dosisrichtwerten führte die ICRP noch die sogenannten ERLs (Environmental Reference Level) ein. Zusätzlich zu den aus den humanen System bekannten Expositionssituationen (existierend, geplant und Notfall) wurde noch eine „Umweltexposition“ hinzugefügt.

Das neue Konzept wirft einige Fragen auf. Die grundsätzliche Frage, ob das alte am Menschen orientierte Strahlenschutzkonzept nicht ausreichend ist, lässt sich sicher nicht pauschal beantworten. Die ICRP will mit ihrem Konzept zum Umweltstrahlenschutz auch gar nicht das bisherige Konzept („ist der Mensch ausreichend geschützt, ist auch die Umwelt ausreichend geschützt") aushebeln, sondern vielmehr ergänzen („to demonstrate, directly and explicitly", para 362 aus [1]). Die Frage ist, ob das wirklich nötig und eine Konkretisierung des Umweltstrahlenschutzes überhaupt notwendig ist. Der Schutz von „Leben" (§ 1 Satz 1 AtG [5]) bzw. der „Schutz des Menschen und der Umwelt" (§ 1 Satz 1 StrlSchV [6]) wird in Deutschland seit langem durch die nationale Gesetzgebung gefordert und praktiziert. Eine internationale Richtlinie, die den Umweltschutz konkretisiert, könnte hilfreich sein, wenn denn das Konzept den Anforderungen genügt. Das ICRP Konzept ist ein erster Versuch in diese Richtung zu gehen, der aber momentan noch kontrovers diskutiert wird (s.a. [7]).

2. Dosis-Referenzniveaus (DCRL) und Umwelt-Referenzniveaus (ERL) als Maßstab für die Optimierung

Die Dosis-Referenzniveaus sind ein Dosisleistungsbereich, ab dem eine schädliche Wirkung ionisierender Strahlung für einen bestimmten Referenzorganismus (RAP) möglicherweise zu erwarten ist. Allein diese Formulierung zeigt, wie schwierig es ist, für andere Organismen als den Menschen eine klare Aussage in Bezug auf die Wirkung ionisierender Strahlung zu treffen. Für einzelne RAPs konnten Effekte wie Frühsterblichkeit, Morbidität, eingeschränkte Fortpflanzungsfähigkeit oder Chromosomendefekte im Zusammenhang mit der Exposition durch ionisierende Strahlung bereits nachgewiesen werden [4]. In Tab. 1 sind die DCRLs für die zwölf RAPs anhand einer Dosisleistung ($\dot{D}$) angegeben. Untere Grenze der DCRLs ist die Dosisleistung ($\dot{D}_{DCRL,min}$), ab der erste Effekte nachweisbar bzw. zu erwarten sind. Obere Grenze ist die Dosisleistung ($\dot{D}_{DCRL,max}$), bei deren Überschreiten kritische Effekte bis hin zur letalen Dosis nachweisbar bzw. zu erwarten sind. Die DCRLs stellen keine Grenzwerte dar, vielmehr dienen sie als Orientierungsniveau in Bezug auf den Umweltstrahlenschutz und für die Optimierung (s. Abb. 2). Ob dies in der Praxis auch funktioniert, ist zumindest fraglich. Da die Praktikabilität der ERLs im Vorfeld heftig diskutiert wurde, hat die ICRP bei einer gemeinsamen Sitzung von Komitee 4 und Komitee 5 auf deren Einführung verzichtet.

Tab. 1: DCRL der Referenztiere und-pflanzen (RAP) nach [2]

RAP	$\dot{D}_{DCRL,min}$ **in mGy · d^{-1}**	$\dot{D}_{DCRL,min}$ **in µGy · h^{-1}**	$\dot{D}_{DCRL,max}$ **in mGy · d^{-1}**
Seetang	1	42	10
Plattfische	1	42	10
Krabben	10	420	100
Ratten	0,1	4,2	1
Hirsche	0,1	4,2	1
Bienen	10	420	100
Gräser	1	42	10
Regenwürmer	10	420	100
Kiefern	0,1	4,2	1
Frösche	1	42	10
Forellen	1	42	10
Enten	0,1	4,2	1

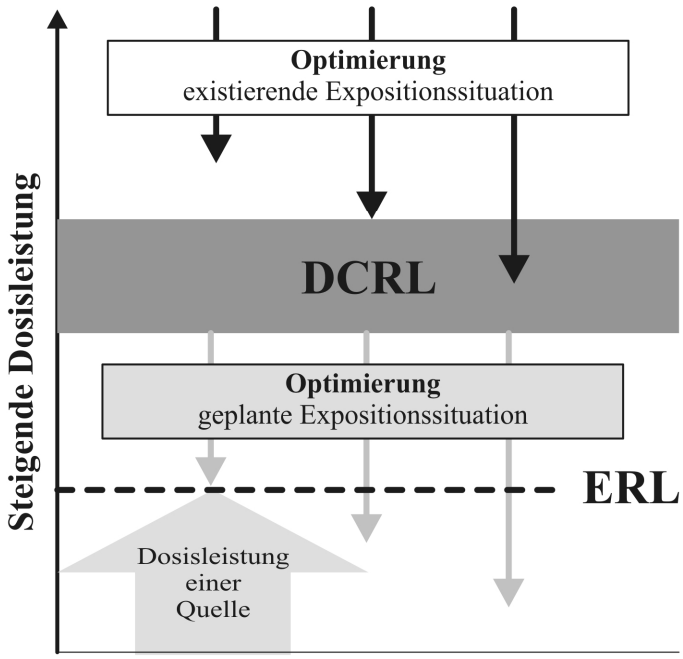


Abb. 2: Dosis- und Umwelt-Referenzniveaus im Verhältnis zu geplanten und existierenden Expositionssituationen nach [2]

Eine spezielle Lage ergibt sich bei Notfällen. Hierzu wird im ICRP Konzept eingeräumt, dass der Schutz der Umwelt nicht prioritäres Ziel ist. Sicher ist allerdings, dass eine Kontamination der Umwelt am Ende - und sei es über die Nahrungskette - auch wieder Auswirkung auf den Menschen haben kann, der weiterhin im Focus unfallbedingter Expositionen steht.

3. Umweltstrahlenschutz – eine Anregung zur Diskussion

Die ICRP hatte ihr Umweltstrahlenschutz-Konzept im Internet zur Diskussion gestellt, an der sich zahlreiche internationale Organisationen und Behörden ebenso wie Privatpersonen beteiligt haben [7]. Dabei stellen die meisten Kommentare das Konzept in Bezug auf die Umsetzbarkeit (wirtschaftliche Faktoren, nationale Regelungen etc.), Aussagekraft (Biodiversität, Datenmenge und -erhebung) und Verständlichkeit (Begrifflichkeiten, Analogie) in Frage.

Einige grundsätzliche Punkte des Konzeptes werden bereits im Anhang des ICRP Berichtes relativiert. So wird zunächst auf die nationale Gesetzgebung verwiesen, die dem ICRP Bericht vorsteht (Deutschland z.B. AtG und UVPG) [5, 8]. Da sich das ICRP Konzept nur auf größere Anlagen bezieht, stellt sich hier berechtigterweise die Frage, ob die untere Schwelle der DCRLs nach der momentanen Rechtslage – ausgenommen unfallbedingte Expositionssituationen - überhaupt erreichbar ist. Bekanntlich ist Auslegungsanforderung in Deutschland für Ableitungen das 0,3 mSv-Konzept. Die durch Ableitungen zu erwartenden Expositionen werden nach der AVV 47 berechnet [9], was – wie im Strahlenschutz üblich - eine sehr konservative Vorgabe ist. Danach wird in der Genehmigung zum Betrieb der Anlage ein Ableitungsgrenzwert festgelegt. Dieser wird in der Praxis im Mittel über ein Jahr im Normalbetrieb nie ausgeschöpft. Die Werte sind bekannt und öffentlich zugänglich. Eine Dosis z.B. für einen Hirsch, die zwischen 30 mSv/a und 300 mSv/a liegt, ist dabei unvorstellbar.

Eine weitere Frage ist, ob das Umweltstrahlenschutzkonzept der ICRP überhaupt den Systemcharakter der Umwelt widerspiegeln kann. Diese Frage kann man sicherlich mit nein beant-

worten. Ein RAP ist dabei aber auch nicht der Frosch oder die Ratte, sondern die RAPs sind eine hypothetische Gruppe von Organismen. Für jede RAP-Familie können dabei grundlegende Eigenschaften in Physiologie, Anatomie, Lebenserwartung, Entwicklungsstadien, etc. angenommen werden. Bereits in der ICRP 108 [4] wurde darauf verwiesen, dass die für ein Biotop repräsentativen Organismen, durchaus von den RAPs abweichen können. Der angewandte Umweltstrahlenschutz muss anhand repräsentativer - real existierender – Organismen realisiert werden. Sollte es nicht möglich sein, repräsentative Organismen zu definieren, die den RAPs mindestens ähneln, muss untersucht werden, in wie weit und in welcher Form der ähnlichste repräsentative Organismus vom RAP abweicht. Die Auswahl repräsentativer Organismen soll hierbei anhand nationaler Regelungen vollzogen werden.

Auch im ICRP Bericht liegt der Focus des Umweltstrahlenschutzes auf dem Schutz der Population, da eine Veränderung der Population immer durch Veränderung der Individuen hervorgerufen wird. Der Umkehrschluss ist allerdings nicht zulässig. Schließt man diesen Effekt z.B. über die DCRLs aus, kommt die ionisierende Strahlung auch nicht mehr als Faktor bei Veränderungen der Population in Betracht.

Durchaus kritisch zu sehen ist der Umweltstrahlenschutz in Bezug auf die natürliche Strahlenexposition. Leicht missverständlich fällt dieser nicht unter „Umweltexposition“ (environmental exposure) sondern unter die existierenden Expositionssituationen. Hier ist die Optimierung bis in den Bereich der DCRLs empfohlen, was nun nach dem ICRP Konzept auch bei natürlichen Quellen gelten würde. Wie soll man das umsetzen?

4. Fazit

Wie eingangs bereits erwähnt, stellt die ICRP mit diesem Konzept Empfehlungen und Richtwerte für den Umweltstrahlenschutz zur Verfügung. Es bleiben aber noch einige Fragen offen. Die Kommentare im Internet-Konsultationsprozess gaben zahlreiche Hinweise, das Konzept zu verbessern. Diese Chance scheint die ICRP nur zum Teil genutzt zu haben. Der Ansatz der EU-Kommission, das Thema Umweltstrahlenschutz im ICRP-Sinne per Gesetz aufzugreifen, ist zunächst nicht erfolgreich gewesen. Das bedeutet aber nicht, dass das Thema vom Tisch ist. Es wird die Strahlenschützer und die Umweltschützer und nicht zuletzt auch die Anlagenbetreiber weiter bewegen.

5. Literaturverzeichnis

[1] ICRP 2007: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103, Ann. ICRP 37 (2-4)

[2] ICRP 20YY. Protection of the environment under different exposure situations. ICRP Publication XXX, Ann. ICRP 00(0), http://www.icrp.org/page.asp?id=164 (besucht am 01.07.2013)

[3] ICRP 1975: Report of the Task Group on Reference Man, ICRP Publication 23, Pergamon, New York, 1975

[4] ICRP 2008: Environmental Protection - the Concept and Use of Reference Animals and Plants, ICRP Publication 108, Ann. ICRP 38 (4-6)

[5] Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz) vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), (zuletzt geändert zum 20. April 2013 BGBl. I S. 921)

[6] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung- StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714; 2002 I S. 1459), (zuletzt geändert zum 24. Februar 2012, BGBl. I S. 212)

[7] Comments on „ Protection of the Environment under Different Exposure Situations, Draft Report for Consultation Internet: http://www.icrp.org/consultation_view.asp?-recommendation=FAB3B1F0-BCBB-4561-B390-40417FCECBF8
(besucht am 01.07.2013)

[8] Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) vom 24. Februar 2010 (BGBl. I S. 94), (zuletzt geändert durch Artikel 6 des Gesetzes zum 8. April 2013, BGBl. I S. 734)

[9] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 47 Strahlenschutzverordnung (Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus Anlagen oder Einrichtungen) vom 28. August 2012 (BAnz AT 05.09.2012 B1)

Themenblock
Medizin

STRAHLENSCHUTZ IN DER MEDIZIN: AKTUELLE REGELUNGEN UND DIE NEUEN EU-BSS

R. Loose[1)], M. Wucherer[2)]

[1)]Institut für Diagnostische u. Interventionelle Radiologie, Klinikum Nürnberg-Nord
[2)]Institut für Medizinische Physik, Klinikum Nürnberg, Nürnberg, Deutschland

Zusammenfassung
Der medizinische Strahlenschutz beruht auf den Grundsätzen von Rechtfertigung, Optimierung und Dosisbegrenzung. Je nach Anwendungsgebiet sind hiervon außer Patienten auch das medizinische Personal betroffen. Die zur Zeit in der Umsetzung befindlichen neuen Basic Saftey Standards (BSS) der Europäischen Union (EU) bringen für alle drei Grundsätze des Strahlenschutzes Veränderungen mit sich, die in nationales Recht umzusetzen sind und je nach Anwendungsgebiet (Radiologie, Nuklearmedizin, Strahlentherapie) unterschiedliche Auswirkungen haben.

Summary
Medical radiation protection is based on the principles of justification, optimisation and dose limitation. Depending on the application, medical staff and patients are affected. The implementation of new basic safety standards (BSS) of the European Commission (EC) brings changes, which must be implemented into national law. They have varying effects depending on the type of application (radiology, nuclear medicine, radiation therapy) for all three principles of radiation protection.

Schlüsselwörter *Strahlenschutz, Medizin, Basic Safety Standards*
Keywords *radiation protection, medicine, basic safety standards*

Einleitung

Der medizinische Strahlenschutz beruht auf den Grundsätzen von Rechtfertigung, Optimierung und Dosisbegrenzung. Je nach Anwendungsgebiet sind hiervon nicht nur Patienten sondern auch das medizinische Personal betroffen. Die zur Zeit in der Umsetzung befindlichen neuen Basic Saftey Standards (BSS) der Europäischen Union (EU) bringen für alle drei Grundsätze des Strahlenschutzes Veränderungen mit sich, die in nationales Recht umzusetzen sind und je nach Anwendungsgebiet (Radiologie, Nuklearmedizin, Strahlentherapie) unterschiedliche Auswirkungen haben. Im nachfolgenden Beitrag soll auf die wichtigsten Aspekte des beruflichen Strahlenschutzes für das Personal und des medizinischen Strahlenschutzes für Patienten eingegangen werden.

Beruflicher Strahlenschutz

Bei den meisten radiologischen Anwendungen befindet sich das Personal während der Exposition von Patienten außerhalb des Kontrollbereichs und erfährt damit keine signifikante berufliche Strahlenexposition. Diese Anwendungen sind im Wesentlichen die Bereiche der gesamten Radiographie und der Computertomographie. Eine Ausnahme hiervon bildet die

Nuklearmedizin. Eine signifikante Strahlenexposition des Personals tritt im wesentlichen bei durchleuchtungsgestützten Verfahren im OP auf, sowie bei fluoroskopischen Verfahren in der Kardiologie und Radiologie. Die nachfolgende Auflistung zeigt typische Anwendungen für unterschiedliche klinische Fachgebiete.

Kardiologie

- Transkatheter-Aortenklappenimplantation (TAVI)
- Katheter Ablationen bei Herzrhythmusstörungen
- Rekanalisationen (PTCA)
- Diagnostische Koronarangiographie

Radiologie mit Neuroradiologie u. Kinderradiologie

- Interventionelle Angiographie
- Diagnostische Angiographie
- Durchleuchtung

Interventionen im OP (Hybrid-OP)

- Gefäßchirurgie
- Herzchirurgie

Sonstige Interventionen im OP (C-Bögen)

- Unfallchirurgie
- Orthopädie
- Neurochirurgie
- Chirurgie

Sonstige Anwender

- Urologie
- Gastroenterologie
- Intensivmediziner
- Pneumologie

In Bezug auf die Dosisgrenzwerte ergeben sich mit Ausnahme der Augenlinse keine besonderen Veränderungen (20 mSv/a für die Ganzkörperdosis und 500 mSv/a für die Haut und Extremitäten). Die Dosis der Augenlinse wurde hingegen einer Empfehlung der ICRP folgend von 150 mSv/a auf 20 mSv/a abgesenkt. An monoplanen Anlagen und Durchleuchtungssystemen zeigen aktuelle publizierte Messungen [1], dass bei korrekter Anwendung der gerätetechnischen und persönlichen Strahlenschutzmaßnahmen dieser neue Grenzwert ohne größere Probleme einzuhalten ist. Problematischer wird die Einhaltung des Grenzwertes für die Augenlinse in Hybrid-OP's sowie in der Neuroradiologie und Kardiologie mit biplanen Systemen.
Ein weiterer Fokus dürfte in Zukunft bei nuklearmedizinischen und/oder radiologischen Interventionen die Anwendung von ß-Strahlern bei Interventionen (RSO und SIRT) sein, sowie der Umgang mit Radiotracern in der PET-Diagnostik. Hier zeigen neuere Messungen, dass in vielen Fällen die Extremitätendosis unterschätzt wird und die Jahresgrenzwerte überschritten werden.
Weitere neue Anforderungen dürften sich in neuen Anforderungen an die Personenasymmetrie ergeben. Bisher wird bis auf Ausnahmen die Filmplakette unter der Bleischürzen verwendet. Es ist bekannt, dass diese Dosismessung zu einer ungenauen

Abschätzung der Ganzkörperdosis führt, so dass einzelne Länder/Organisationen eine zusätzliche Filmplakette auf der Bleischürze empfehlen. Weiterhin ist bei Anwendungen, bei denen die Hände sehr nah am Bestrahlungsfeld sind die Verwendung eines Fingerringsdosierungsmeters zu empfehlen. Die Dosis der Schilddrüse oder Augenlinse wird bisher routinemäßig nicht erfasst. In Zukunft dürften daher in zunehmendem Maße elektronische Dosimeter als amtliche Dosimeter, oder in einfacherer Form mit kleinen variablen Messsonden zur Erfassung der Teilkörperexposition zum Einsatz kommen.

Medizinischer Strahlenschutz

Für den Strahlenschutz von Patienten sind weiterhin die wichtigsten Prinzipien die Rechtfertigung von Untersuchungen sowie deren Optimierung. Das Prinzip des Dosismonitorings über Diagnostische Referenzwerte bleibt hierbei erhalten. 61% der kollektiven Dosis kommen aus der Computertomographie, 21% aus diagnostischen und interventionellen fluoroskopischen Verfahren der Kardiologie und Radiologie sowie 9% aus der Skelettdiagnostik [2]. Einige Punkte im Strahlenschutz der Patienten sind neu hinzugekommen:

- Bei der Anforderung von Untersuchungen mit ionisierender Strahlung wird der zuweisende Arzt in den Prozess der Rechtfertigung mit einbezogen.

- Der Patient muss vor einer Untersuchung vom durchführenden oder einweisenden Arzt über Nutzen und Risiken sowie die Strahlendosis informiert werden.

- Die Dosis einer Untersuchung oder Intervention muss in den Befundbericht aufgenommen werden. Hierbei besteht nach Diskussion in einschlägigen Gremien Konsens darüber, dass hierbei nicht effektive Dosen in mSv zur Risikoabschätzung verwendet werden sollen, sondern Energiedosen in den Einheiten, die auch zur Überwachung der Dosisreferenzwerte verwendet werden.

- Untersuchungen von asymptomatischen Einzelpersonen zur Früherkennung von Krankheiten sind nicht nur, wie bisher ausschließlich im Rahmen staatlicher Screening-Programme zulässig, sondern auch dann, wenn ihre Rechtfertigung speziell dokumentiert ist und sowohl den Leitlinien medizinischer Fachgesellschaften als auch ihr nationalen Regelungen entspricht.

- Leitlinien zur Überweisung für Untersuchungen mit ionisierender Strahlung mit Angaben zur Dosis müssen dem Zuweiser zur Verfügung gestellt werden.

- CT's und Anlagen zur interventionellen Radiologie müssen die Expositionsparameter zur Aufzeichnung übertragen können.

- Strahlenschutzkurse sollen Bestandteil des Medizinstudiums sein.

Literaturverzeichnis

[1] M. Galster, C. Guhl, M. Uder, R. Adamus, Exposition der Augenlinse des Untersuchers und Effizienz der Strahlenschutzmittel bei fluoroskopischen Interventionen. Fortschr Röntgenstr 2013; 185: 474–481

[2] Unterrichtung durch die Bundesregierung. Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2011. http://doris.bfs.de/jspui/bitstream/urn:nbn:de:0221-2013060410695/3/Parlamentsbericht_2011.pdf (besucht 13.8.2013)

DIE MÖGLICHKEIT BEHÖRDLICHER EINFLUSSNAHMEN AUF STRAHLENSCHUTZTECHNISCHE ENTWICKLUNGEN IN DER RÖNTGENDIAGNOSTIK

K. Ewen, W. Huhn

Ministerium für Arbeit, Integration und Soziales NRW, Düsseldorf, Deutschland

Zusammenfassung
An Hand von drei Beispielen (Interventionen, Mammographie, Computertomographie) wird gezeigt, dass auch behördlicherseits innovative technische Anregungen gegeben werden können, um die Strahlenexposition in der Röntgendiagnostik zu reduzieren. Erkenntnisse dieser Art sind durchaus geeignet, entsprechende Denkanstöße auch in anderen EU-Staaten auszulösen.

Summary
Three examples – interventions, mammography, computed tomography - are used to illustrate that government regulators, too, are well placed to suggest innovative technological approaches for reducing exposure to radiation in x-ray diagnostics. Discoveries of this kind are therefore entirely capable of triggering new ways of thinking in other EU countries as well.

Schlüsselwörter Strahlenexposition, interventionelle Radiologie, Computertomographie, Mammographie
Keywords radiation exposure, interventional radiology, computed tomography, mammography

1. Einleitung

Die EURATOM-Mitgliedstaaten sind verpflichtet**,** die Mindestanforderungen aus den EURATOM-Richtlinien in ihr nationales Regelwerk zu übernehmen und entsprechende Anpassungen auch von der Kommission der EU prüfen und notifizieren zu lassen.
Neben der Umsetzung von Mindestanforderungen, die auch bei der anstehenden Einarbeitung der neuen europäischen Grundlegenden Sicherheitsnormen (EU-BSS) eine große Bedeutung und erhebliche Auswirkungen auf die verschiedenen nationalen Regelwerke haben werden, gelingt es immer wieder**,** durch fortschriftliche und sogar innovative Strahlenschutzanforderungen in einzelnen Mitgliedstaaten das EURATOM-Regelwerk positiv zu beeinflussen. Vorgänge dieser Art tragen dazu bei, die personenbezogenen Anforderungen, die einzelnen Schutzvorschriften für beruflich strahlenexponierte Personen und Patienten**,** die technischen Anforderungen an Anlagen und Einrichtungen sowie die Durchführung von radiologischen Verfahren wirksamer zu gestalten.

Ein wesentliches Beispiel für den Begriff „personenbezogene Anforderungen“ ist der Erwerb einer bestimmten Fachkunde im Strahlenschutz und insbesondere die rechtlich geforderte Notwendigkeit, diese Fachkunde während des Berufslebens zu erhalten („Aktualisierungen“). Die in der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 2001 und 2002 eingeführten Aktualisierungsverpflichtungen haben inzwischen europaweit Beachtung gefunden und werden auch in anderen EURATOM-Mitgliedstaaten gefordert.

Das Führen eines Strahlenpasses zur lückenlosen Erfassung der Strahlenexpositionen von Beschäftigten, die in Unternehmen mit unterschiedlichen radiologischen Tätigkeiten befasst sind, ist bereits 1976 in der Bundesrepublik Deutschland verpflichtend gefordert worden. Als Folge davon ist eine entsprechende EURATOM-Richtlinie dann 1990 (Richtlinie des Rates vom 4. Dezember 1990 über den Schutz externer Arbeitskräfte, die einer Gefährdung durch ionisierende Strahlung beim Einsatz im Kontrollbereich ausgesetzt sind -90/641/Euratom [1]) vom Rat der Europäischen Gemeinschaften erlassen worden. In entsprechender Form finden sich diese Regelungen auch im Entwurf der neuen EU-BSS wieder, was zeigt, dass nationales Strahlenschutzrecht durchaus geeignet sein kann, europäische Anforderungen nachhaltig zu beeinflussen.

2. Einflussmöglichkeiten staatlicher Behörden auf den technischen Strahlenschutz

Staatliche Behörden sollten ebenfalls an der Entwicklung strahlenschutztechnischer Konzepte zur Ausstattung von Anlagen und Einrichtungen sowie für die Durchführung radiologischer Verfahren, insbesondere im Umfeld medizinischer Untersuchungs- und Behandlungsverfahren, beteiligt sein – möglicherweise diese sogar initiieren.
Hierzu sollen drei Beispiele aufgeführt werden, die zeigen, dass behördliche Erkenntnisse in das Strahlenschutzregelwerk einfließen und entscheidende Anstöße geben können, um die Strahlenexposition bei medizinischen Anwendungen signifikant zu reduzieren. Der Bereich der Röntgendiagnostik wurde gewählt, da der Großteil der „künstlichen“ Strahlenexposition der Bevölkerung aus der Röntgendiagnostik stammt. Hier wiederum werden die Beispiele betrachtet, die entweder trotz relativ geringer Untersuchungsfrequenzen mit fast 80 % zur röntgendiagnostischen Gesamtexposition beitragen [2] oder die als Vorsorgeuntersuchungen im Blickpunkt von Politik und Öffentlichkeit stehen.

2.1 Radiologische Interventionen

In den 90’er Jahren des letzten Jahrhunderts wurde festgestellt, dass es bei bestimmten, damals neuen Untersuchungsverfahren zur Durchführung von Interventionen in der Kardiologie zu sehr hohen Strahlenexpositionen der Patienten gekommen war. Diese Expositionen waren so gravierend, dass man davon ausgehen konnte, dass es sich um deterministische Strahlenschäden handeln musste (Radiodermatitis im oberen Rückenbereich). Strahlenschäden dieser Art wurden von verantwortungsbewussten radiologisch tätigen Ärzten den für den Strahlenschutz zuständigen Fachbehörden gemeldet (Beispiel: [3]). Im Rahmen ihrer Ermittlungen stellten diese fest, dass der wesentliche Anteil dieser hohen Dosiswerte durch die zum Teil langen Durchleuchtungszeiten verursacht wurden und dass aber bei der damals in der klinischen Routine verfügbaren analogen Untersuchungstechnik ad hoc keine Option zu einer wirksamen Reduzierung der Strahlenexposition erkennbar war.

Daher hat man zur Verringerung der Patientendosis bei interventionellen Verfahren seitens der staatlichen Strahlenschutzbehörden ein Programm mit dem Ziel initiiert, eine sukzessive Einführung moderner Techniken zu forcieren. Unter anderem wurde die Umstellung auf digitale Techniken (z.B. gepulste Durchleuchtung, Last Image Hold) sowie die Nutzung von Filterautomatiken, dosissparenden Kennlinien und empfindlicheren Bildverstärkern gefordert. Im Zusammenwirken mit den Gesundheitsministerien wurden entsprechende Förderungsmaßnahmen erarbeitet und eine allmähliche Erneuerung des Geräteparks auf digitaler Basis in Angriff genommen. Die technisch-radiologischen Erkenntnisse aus diesem Programm

wurden aufgearbeitet und bundesweit in entsprechende Regelwerke übernommen. Inzwischen hat sich aus diesen Regelwerken der Stand der Technik in der Röntgendiagnostik entwickelt. Es ist nicht mehr vorstellbar, dass jetzt noch Einrichtungen in Betrieb gehen, die diesen Mindestanforderungen nicht entsprechen. Das Vorhandensein des Standes der Technik ist sicherlich auch eine Anforderung, den die EU-BSS als Mindestnachweis verlangen wird. Parallel zur Entwicklung dieser technisch bedingten Systemkompetenz sind auch die Anforderungen an die Fachkompetenz der radiologisch tätigen Ärzte erweitert worden. So wird seit 2006 in der Bundesrepublik Deutschland für Ärzte eine spezielle Strahlenschutzfachkunde für die Interventionsradiologie gefordert [4].

2.2 Mammographie

Im Jahr 2004 wurde in Deutschland das Mammographie-Screening-Programm eingeführt. Innerhalb der Fachkreise, aber auch mit den Interessenvertretungen der beteiligten Frauen wurden ausführliche Diskussionen über die zulässigen Untersuchungstechniken (digital und/oder analog?) geführt.

Fazit: Die Fachgremien ließen zu, dass nicht ausschließlich nur die bisher in vielen anderen Staaten genutzte analoge Mammographie eingesetzt werden müsste, sondern sie erlaubten auch die Einbeziehung der digitalen Mammographie in das Screening-Programm. Medizinphysikalische Experten formulierten erste Anforderungen an die Bildqualität und schufen eine Qualitätssicherung auf Normenbasis [5]. Prüfkörper wurden entworfen sowie zeitnah Trainingsprogramme für Qualitätssicherer („Abnahmeprüfer“) und Sachverständige entwickelt und durchgeführt.

In Vereinbarung mit dem Länderausschuss RöV wurde im Bundesland Nordrhein-Westfalen ein Pilotprojekt zur Einführung der digitalen Mammographie innerhalb des Mammographie-Screening-Programms entwickelt. Zur Überraschung aller Beteiligten bewarben sich 95 % aller am Screening-Programm interessierten Ärzte um eine Teilnahme an diesem Projekt (genannt: „Digitales Mammographie-Screening“). Aufgrund dieser großen Bereitschaft zur Nutzung digitaler Verfahren auch im Mammographie-Screening wurde in Nordrhein-Westfalen ein Referenzzentrum zur Qualitätssicherung im Screening-Programm gegründet, das sich als Zielsetzung eindeutig auf den Schwerpunkt „digitale Mammographie“ konzentrierte. Nahezu folgerichtig zeigte sich anschließend, dass dieses Referenzzentrum auch in der Lage war, im Screening-Programm die Aufgaben der ärztlichen Stelle nach RöV zu übernehmen. Die entsprechende Bestimmung durch die zuständige Behörde erfolgte anschließend.

Die Implementierung der digitalen Mammographie in Nordrhein-Westfalen erwies sich als so überzeugend, dass die Bundesländer, in denen das Screening-Programm zeitlich später startete, überwiegend und eindeutig die digitale Mammographie favorisierten. Heute gibt es kaum noch eine analoge Screening-Einheit im deutschen Mammographie-Screening-Programm.

Dass sich die digitale Mammographie inzwischen auch außerhalb des Screenings, also auch im kurativen Bereich etabliert hat, ist sicherlich zu einem großen Teil der Weitsicht und dem Einsatz der deutschen Strahlenschutzbehörden in Unterstützung durch die Gesundheitsbehörden zu verdanken. Die Erkenntnisse aus der Einführung der digitalen Mammographie, aber auch die bis heute gemachten Erfahrungen sind in das deutsche Strahlenschutzregelwerk eingeflossen. Unter dem Druck der nicht mehr zu übersehenden Vorteile digitaler bildgebender Verfahren - ebenfalls in der Mammographie - hat dann auch in Europa entsprechender Paradigmenwechsel stattgefunden, d.h. entsprechende technische und medizinisch-radiologische

Vorgaben für die digitale Mammographie finden heute auch in den staatlich übergeordneten Regelungen ihren Niederschlag.

Die Einführung der digitalen Mammographie in allen Bereichen (im Screening und kurativ) ist aus der Sicht der Verfasser ein Beispiel, dass die sonst als manchmal überkonservativ eingeschätzten Behörden die Nutzung moderner Techniken anstoßen und auch gegen den Widerspruch anderer Kreise durchsetzen können. Diese als unbedingt positiv einzuschätzende Situation sollte jetzt nicht abgeschlossen sein, sondern alle Beteiligten (Behörden, Anwender, Industrie und der Gesundheitsbereich) müssen motiviert werden, innovative Techniken, wie z.B. die Tomosynthese [6] und deren Integration in Vorsorgeprogramme, in ihre Überlegungen mit einzubeziehen, um dann möglicherweise zu deren klinischer Nutzung beizutragen.

2.3 Computertomographie

Der höchste Anteil der Strahlenexposition aus medizinischen Verfahren resultiert aus der Computertomographie (CT). Obwohl zurzeit mit (noch) weniger als 10 % an der Gesamtzahl aller Röntgenuntersuchungen beteiligt, liegt der Anteil der CT-bedingten Patientenexpositionen (der so genannten kollektiven effektiven Dosis) schon bei ca. 60 % [2]. Hier besteht sicherlich die Notwendigkeit zur Einführung geeigneter Maßnahmen, die CT-Dosis zu reduzieren. Inzwischen hat sich - mit behördlichem Anstoß - der bundesweit tätige Arbeitskreis Röntgenverordnung (AK RöV) dieser Aufgabe gestellt. Als Ergebnis seiner Bemühungen wurden zum ersten Mal in der Bundesrepublik Deutschland strahlenschutztechnische Regelungen für die CT festgelegt, deren Realisierung (bis spätestens 31.12.2015) im Rahmen von Überprüfungen durch behördlich bestimmte Sachverständige verifiziert werden muss [7]:

- Anzeigen von CTDI und Dosislängenprodukt an der Einrichtung,
- Nutzung von Festkörper- und nicht mehr von Gasdetektoren,
- Vorhandensein einer automatischen Dosisregelung.

Das scheint wenig in Relation zu der hohen Bevölkerungsdosis durch CT-Untersuchungen zu sein. Aber es ist ein Anfang, denn bisher gab es derartige strahlenschutztechnische Anforderungen überhaupt nicht. Die Behörde hat ein Zeichen gesetzt „Die CT-Dosis muss - bei Wahrung der Bildqualität – verringert werden!“ Und dieses Ziel wird man weiter verfolgen müssen, damit die CT aus der Liste der „Hochdosisverfahren“ gestrichen werden kann.

3. Schlussbemerkungen

Am Beispiel von drei vollkommen unterschiedlich genutzten und technisch geprägten röntgendiagnostischen Verfahren (Interventionen, Mammographie und Computertomographie) sollte demonstriert werden, dass der Einfluss staatlicher Strahlenschutzbehörden, so er gezielt eingesetzt wird, zu erheblichen Innovationsschüben führen kann. Das wirkt sich positiv sowohl auf die Dosis als auch auf die Bildqualität aus. Dieser Beitrag soll Mut machen, auch zukünftig den Weg über die Behörde in Strahlenschutzüberlegungen durchaus mit einzubeziehen und bei ersten Schwierigkeiten nicht gleich wieder aufzugeben.

4. Literaturverzeichnis

[1] 90/641 Euratom, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften vom 13.12.1990

[2] www.bfs.de; Link: „Röntgendiagnostik: Häufigkeit und Strahlenexposition – Druckversion"; dort: Abb. 2

[3] D. Wolff, K. W. Heinrich: Strahlenschäden der Haut nach Herzkatheterdiagnostik und –therapie, Hautnah 5 (1993) 449

[4] Richtlinie Fachkunde und Kenntnisse im Strahlenschutz bei dem Betrieb von Röntgeneinrichtungen in der Medizin und Zahnmedizin vom 22 .12. 2005 (GMBl. Nr. 22, S. 414, zuletzt geändert durch Rundschreiben des BMU vom 27. 6. 2012 (GMBl. Nr. 40, S. 724)

[5] PAS 1054: Anforderungen und Prüfverfahren für digitale Mammographie-Einrichtungen, März 2005, Beuth Verlag

[6] EUREF: Protocol for the Quality Control of the Physical and Technical Aspects of Digital Breast Tomosynthesis Systems, Draft version 0.10, February 2013

[7] Richtlinie für die technische Prüfung von Röntgeneinrichtungen und genehmigungsbedürftigen Störstrahlern vom 9. 1. 2009, zuletzt geändert durch Rundschreiben des BMU vom 1. 8. 2011, www.forum-roev.de; Link: „7. Richtlinien/BMU Schreiben"

STRAHLENRISIKO UNTERSCHÄTZT: ! ODER ? [1)]

J. Breckow

Institut für Medizinische Physik und Strahlenschutz (IMPS)
Technische Hochschule Mittelhessen (THM), Gießen

Zusammenfassung
Der Strahlenschutz nimmt für sich in Anspruch, dass seine Regelungen, Maßnahmen und Konzepte auf wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhen. Kommt im Laufe des Fortschritts in Wissenschaft und Technik neuer Wissensstand hinzu, muss stets geprüft werden, ob die bisherige Strahlenschutzumsetzung den neuen Erkenntnissen noch angemessen ist oder ob Modifikationen vorgenommen werden müssen.
Strahlenschutz ist jedoch nicht nur eine Angelegenheit der Wissenschaft. Auch Kontinuität, Konsens, Nachvollziehbarkeit, öffentliche Wahrnehmung, Kommunikation und gesellschaftliche Akzeptanz spielen im Strahlenschutz eine außerordentlich große Rolle. Soll also neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen Rechnung getragen werden, so muss nicht nur die adäquate Umsetzung im Strahlenschutz diskutiert werden, sondern ebenso deren Auswirkungen auf die öffentliche Wahrnehmung und Akzeptanz. Zwischen diesen beiden Aspekten eine angemessene Balance zu finden, ist eine große Herausforderung für alle im Strahlenschutz Tätigen.

Summary
Radiation protection claims that its regulations, policies and approaches are based on scientific evidence. If due to progress in science and technology new knowledge is added, it must be given to whether or not the existing radiation protection implementing is still appropriate or whether or not modifications need to be made.
However, radiation protection is not just a matter of science. Continuity, consensus, accountability, public perception, communication and social acceptance play an important role in radiation protection as well. Thus, as new scientific evidence should be taken into account, not only the adequate implementation of radiation protection has to be discussed, but also their impact on the public perception and acceptance. It is one major challenge for all who are involved in radiation protection, to find an appropriate balance between these two aspects.

Schlüsselwörter *Strahlenrisiko, Kontinuität, Wahrnehmung, Kommunikation, Akzeptanz*
Keywords *radiation risk, continuity, perception, communication, acceptance*

1. Einleitung

In letzter Zeit werden eine Reihe von "neuen" Strahlenwirkungen diskutiert, d.h. solche, die nur eingeschränkt in die klassische Aufteilung in stochastische und deterministische Strahlenwirkungen passen, anderen Wirkungsmechanismen unterliegen, auf neue Risikoendpunkte hindeuten oder zu deutlich höheren Strahlenrisiken führen:

[1)] modifiziert nach einem Artikel aus : StrahlenschutzPRAXIS 03/2012 [1]

- *Herz-Kreislauferkrankungen*
  Risikoschätzungen unter Annahme einer linearen Dosis-Wirkungsbeziehung (LNT) ergeben ein relatives Risiko von 10% pro Sv bzw. einen Risikokoeffizienten von etwa 4% pro Sv. [2]
- *Katarakt der Augenlinse*
  empfindlicher bzw. niedrigerer Schwellenwert (<0,5 Sv) als bisher angenommen
  ICRP 118 [3] : Absenkung des Grenzwertes von 150 mSv/a auf 20 mSv/a.
- *Radonexposition in Wohnräumen*
  ICRP 115 [4]: Verdopplung des Radonrisikos pro Expositionseinheit
- *Dosis-Dosisleistungs-Effektivitätsfaktor (DDREF)*
  Reduzierung/Abschaffung von bisher DDREF=2 auf DDREF=1 [5]
  Verdopplung des "nominellen" Risikokoeffizienten (ICRP 103: 5,7 % pro Sv)
- *Schutz der Umwelt*
  ICRP-Empfehlung (Draft, 2012 [6]) Protection of the Environment, Protection of non-human biota: "Ist die Umwelt genügend geschützt, wenn der Mensch geschützt ist?"
  Definition von Derived Consideration Reference Levels (DCRL), Environmental Reference Level (ERL), Reference Animals and Plants (RAP), …

2. Strahlenrisiken unterschätzt?

Strahlung kann Herz-Kreislauferkrankungen verursachen. Das relative Risiko hierfür steigt um 10% pro Gy. Das Radonrisiko ist doppelt so groß wie bisher abgeschätzt. Die angenommene Schwellendosis für Katarakte ist wesentlich geringer als bisher angenommen. Der Dosis- und Dosisleistungsreduktionsfaktor (DDREF) hat keine ausreichende Begründung mehr. Sein Verschwinden bedeutet eine Verdopplung des Risikos für solide Tumore gegenüber den bisherigen Schätzungen.

Haben wir also alles in allem das Strahlenrisiko bisher dramatisch unterschätzt? Ist unser Strahlenschutzsystem ausreichend daran angepasst? Ist überhaupt die Unterschätzung des Strahlenrisikos das Hauptproblem im Strahlenschutz?

Tatsächlich beruhen die erwähnten Effekte auf durchaus ernstzunehmenden wissenschaftlichen Hinweisen, auch wenn die Datenlage nicht besonders belastbar erscheint. Wesentlich weniger belastbar jedenfalls als die Risikoschätzungen für die "klassischen" Strahlenwirkungen der strahleninduzierten Kanzerogenese – und selbst für diese sind die Schätzungen im Bereich einiger 10 mSv und darunter nach wie vor unklar, man denke nur an die andauernde LNT-Debatte [7].

Wird beispielsweise das "neue" Strahlenrisiko für Herz-Kreislauferkrankungen betrachtet, so ergibt sich unter der Annahme einer linearen Dosis-Wirkungsbeziehung (LNT) ein Risikokoeffizient von 4% pro Sv [2] (zum Vergleich: der nominelle Risikokoeffizient aus ICRP 103 für Krebs ist 5,5% pro Sv). Die SSK betont zwar, dass dieser Wert nur für "moderate" Dosen (einige hundert mSv) gilt. Wer verhindert aber, dass bei passender Gelegenheit linear bis in den Bereich von mSv (z.B. natürliche oder medizinische Dosen) gerechnet wird? Wer verhindert, dass mit diesem Wert der "Strahlenanteil" von Herz-Kreislauferkrankungen in der Gesamtbevölkerung ausgerechnet wird? Wer erklärt, dass keine Aussage über eine Dosisschwelle oder zur Dosisleistung gemacht werden kann?

Wenn eine Person ein Leben lang einer jährlichen Dosis von etwa 8 bis 10 mSv ausgesetzt ist (immerhin das 2 bis 3-fache der durchschnittlichen Exposition in Deutschland), so resultiert daraus eine Lebenszeitdosis von grob 500 mSv bzw. ein strahleninduziertes zusätzliches Lebenszeitrisiko für Herz-Kreislauferkrankungen von 2%. Damit stiege das Herz-Kreislauf-Risiko von 40% auf 42%. Wer traut sich, das als gesicherte Erkenntnis zu bezeichnen?

3. Öffentliche Wahrnehmung von Strahlenrisiken

Unser Strahlenschutzsystem mit seinen konzeptionellen "Grundsäulen" Rechtfertigung, Optimierung und Begrenzung sollte so robust ausgelegt sein, dass quantitative Schwankungen der implementierten Größen und etwaige noch unerkannte Wirkungen und Risiken durch die existierenden Bestimmungen, insbesondere auch durch die existierenden Grenzwerte ausreichend aufgefangen werden können. Dies zu vermitteln wird jedoch schwer und der Druck, den neuen Erkenntnissen entsprechend Rechnung zu tragen, wird wachsen.

Und damit laufen wir in ein recht subtiles Problemfeld : Nach dem Fukushima-Unfall traf die weitgehend hilf- und sprachlose Strahlenwissenschaft auf eine desolat desinformierte Öffentlichkeit, deren Wahrnehmung von dem, was Strahlung ist und wie sie wirkt, sich drastisch unterscheidet von dem, was die Wissenschaft für richtig hält. Diese Diskrepanz hält nicht nur an, sondern die verzerrte "Strahlenwahrnehmung" droht sich zum Allgemeinwissen zu festigen. Die (wissenschaftlich vielleicht gerechtfertigte) Diskussion über neue und größere Risiken wird diesen Trend verstärken. Wir werden uns eher dem Vorwurf ausgesetzt sehen, Strahlenrisiken jahrzehntelang unterschätzt und im Strahlenschutz nur ungenügend berücksichtigt zu haben (was kritische und unabhängige Strahlenwissenschaftler ja schon immer gewusst haben), statt dass wir langfristig eine Chance erhalten, die aus der Balance geratene Risikowahrnehmung ein wenig wieder zurechtzurücken.

4. Risikokommunikation

Wir sind nicht nur in der gesellschaftlichen Pflicht, Forschung zu betreiben und das Wissen über Strahlenwirkungen zu vergrößern, sondern auch dafür zu sorgen, dass dieses Wissen in die Bevölkerung getragen wird. Wird dies versäumt, so kann sich die Diskussion über neue und größere Risiken, selbst wenn sie auf wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhen, geradezu als kontraproduktiv auswirken: In einer Phase, in der Medien und Öffentlichkeit paradoxerweise glauben, ohnehin über besseres Wissen zu verfügen als die Strahlenwissenschaft selbst, wird diese Wissenschaft selbst obsolet.

Das Kommunizieren der eingangs erwähnten Effekte muss sensibel und umsichtig erfolgen. Die Strahlenwissenschaft und der Strahlenschutz müssen sich dabei ihrer gesellschaftlichen Verantwortung mit all ihren Facetten bewusst sein. Das pure Hineinwerfen neuer und größerer Risiken in die öffentliche Debatte, ohne die Folgen und Auswirkungen zu reflektieren, wird sich kontraproduktiv auswirken. Unser Hauptproblem im Strahlenschutz ist also nicht die Tatsache, das Strahlenrisiko bisher unterschätzt zu haben, oder unzureichenden Strahlenschutz betrieben zu haben. Unser Hauptproblem ist die aus der Balance geratene Bewertung von Strahlenrisiken. Unser Ziel muss es sein, das Gleichgewicht einigermaßen wiederherzustellen. Zudem muss unser Strahlenschutzsystem flexibel genug sein, um neue Erkenntnisse

zu integrieren, ohne weitere Diskrepanzen zu schaffen, und es muss robust genug sein, um Ungewissheiten aufzufangen, ohne Kontinuität und Akzeptanz zu gefährden.

5. Literaturverzeichnis

[1] Breckow, J.: Das Wort hat der Präsident. Strahlenschutzpraxis 3/12, 2012

[2] SSK: Herz-Kreislauferkrankungen nach zulässigen beruflichen Strahlenexpositionen. Stellungnahme der Strahlenschutzkommission. Verabschiedet auf der 256. Sitzung am 19./20. April 2012

[3] ICRP: Tissue Reactions / Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. ICRP Publication 118, 2012

[4] ICRP: Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon. ICRP Publication 115, 2010

[5] SSK: Comments on the 2006 Draft of the ICRP Recommendations. Stellungnahme der Strahlenschutzkommission. Verabschiedet auf der 209. Sitzung (2006)

[6] ICRP: Protection of the Environment under Different Exposure Situations. Draft (2012)

[7] Breckow, J.: Linear-No-Threshold is a Radiation-Protection Standard rather than a Mechasitic Effect Model. Radiat Environ Biophys 44: 257-260 (2006)

Autorenverzeichnis

Name Seite

A
Ahlfänger, R. 88
Akbarian, G.-S. 32

B
Bacmeister, G. U. 47
Barazza, F. 103
Bardelay, C. 24
Behrens, R. 135
Besançon, A. 171
Beutmann, A. 155
Bogni, S. 171
Breckow, J. 208

D
Davídková, J. 21
Dürst, B. 171

E
Engelhardt, J. 141
Estier, S. 27
Ewen, K. 203

G
Gellermann, R. 113
Godet, J.-L. 24
Grimm, P. 27
Gruber, V. 108

H
Haider, W. 108
Ham, U. 177
Hammans, M. 171
Hammer, J. 88
Harding, P. 69
Huhn, W. 203
Hurst, S. 120

J
Jahn, S. G. 171

K
Kaps, C. 190
Keiber, N. 62
Köbl, M. 152
Kochánek, Š. 21

Name Seite

Körner, S. 109
Kößler, M. 177
Krause, A. 147
Kühne, G. 171
Kunte, A. 109

L
Leder, F. 120, 155
Linder, R. 27
Loose, R. 199
Lorenz, B. 93, 147, 190
Lorenz, J. 155

M
Maringer, F. J. 26
Martini, E. 141
Müller, W.-U. 129
Mundigl, S. 15
Murith, C. 103

N
Nitzsche, O. 69

O
Ott, B. 27

P
Palacios-Gruson, M. 27, 103
Perrin, M.- M. 24
Petrová, K. 21
Philipp, T. 155
Proehl, G. 183

R
Ringer, W. 108
Ryf, S. 27, 103

S
Saâd, N. 24
Sahre, P. 155
Streffer, C. 3
Stritt, N. 27, 171

T
Telleria, D. 183
Thierfeldt, S. 39, 69

Name Seite

V
Vahlbruch, J.-W. 163
Vilgis, M. 62
Vogel, J. 32

W
Wellens, B. 76
Wittmann, S. 52
Wucherer, M. 199
Wurm, G. 108
Würtemberger, M. 93, 147

Z
Zeller, W. 27

Publikationen des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V.

*FS-04-127-AKSIGMA **Nachweisgrenzen und Erkennungsgrenzen bei Kernstrahlungsmessungen: Spezielle Anwendungen**
Hrsg.: R. Michel, TÜV Media GmbH, Köln, August 2004, ISSN 1013-4506, ISBN: 3-8249-0836-0

*FS-04-128-T **Nichtionisierende Strahlung – Sicherheit und Gesundheit**
36. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz Köln, 31. August bis 2. September 2004, ‚Bandhrsg.: H.-D. Reidenbach, K. Dollinger, J. Hofmann, TÜV Media GmbH, Köln, August 2004, ISSN 1013-4506

*FS-05-129-AKSIGMA **Determination of the Detection Limit and Decision Threshold for Ionising Radiation Measurements: Fundamentels and Particulars Application (Proposal for a Standard)**
K. Weise, K. Hübel, R. Michel, E. Rose, M. Schläger, D. Schrammel, M. Täschner, TÜV Media GmbH, Köln 2005, ISSN 1013-4506

Leitfäden „Nichtionisierende Strahlung“ (Download: www.fs-ev.de unter AKNIR):

FS-05-134-AKNIR **Lichteinwirkung auf die Nachbarschaft**, Stand: 25.2.2005
FS-05-135-AKNIR **Elektromagnetische Felder**, Stand: 25.2.2005

*FS-05-138-AKE **Leitfaden für die praktische Umsetzung des § 29 StrlSchV (Freigabeleitfaden)**
Ausgabe 3, Stand: 8. Dezember 2005, Arbeitskreis Entsorgung, TÜV Media GmbH, Köln 2005, ISSN 1013-4506, Download unter www.fs-ev.de

*FS-05-139 –T **Strahlenschutz-Aspekte bei der Entsorgung radioaktiver Stoffe**
37. Jahrestagung des FS gemeinsame mit dem ÖVS, Basel 20.–23.9.2005, Bandhrsg.: A. Zuberbühler, M. Baggenstos, N. Zoubek, A. Janett, TÜV Media GmbH, Köln, September 2005, ISSN 1013-4506, ISBN 3-8249-0961-8

FS-06-140/CD **Chronik 1966–2006 – Daten, Fakten und Notizen zur 40-jährigen Geschichte des FS**
Juni 2006, Redaktion: D. E. Becker, H. H. Brunner, K. Henrichs, R. Maushart, Download unter www.fs-ev.de

*FS-06-141-T **Strahlenschutzaspekte bei natürlicher Radioaktivität**
38. Jahrestagung des FS, 19.-22.9.2006 in Dresden, Bandhrsg.: E. Ettenhuber, R. Giessing, E. Beier, A. Bayer, TÜV Media GmbH, Köln, September 2006, ISBN 978-3-8249-1024-3

*FS-07-142-AKN **Vorkehrungen und Maßnahmen bei radiologischen Ereignissen**
5. Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz Augsburg, 25.–27. April 2007 Bandhrsg.: A. Bayer, H. Faleschini, S. Krüger, Chr. Strobl, TÜV Media GmbH, Köln, ISSN 1013-4506, ISBN 978-3-8249-1053-3

*FS-07-143-AKNAT **Optimierung der Auswahl von Messmethoden zur Bestimmung natürlicher Radionuklide**
Arbeitskreis natürliche Radioaktivität, T. Heinrich, L. Funke, M. Köhler, U.-K. Schkade, F. Ullrich, W. Löbner, J. Höpner, D. Weiß, TÜV Media GmbH, Köln 2007, ISSN 1013-4506, ISBN 978-3-8249-1066-3

*FS-07-144-T **Ion Beams in Biology and Medicine**
39. Jahrestagung des FS vom 26. zum 29. September 2007 in Heidelberg and 11th workshop of Heavy Charged Particles in Biology and Medicine Bandhrsg.: J. Debus, K. Henrichs, G. Kraft, TÜV Media GmbH, Köln 2007, ISSN 1013-4506, ISBN 978-3-8249-1071-7

FS-07-145-AKA **AKA-Prüfungsfragenkatalog**
Arbeitskreis Ausbildung, 2007, Download: www.fs-ev.de unter AKA

*FS-08-146-AKN **Fragen des radiologischen und nuklearen Notfallschutzes aus medizinischer Sicht**
Gemeinsames Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz und des Deutschen WHO REMPAN-Zentrums 2.–4.4.2008 in Würzburg, Bandhrsg.: A. Bayer, W. Kirchinger, Chr. Reiners, R. Schneider, TÜV Media GmbH, Köln 2008, ISSN 1013-4506, ISBN 978-3-8249-1133-2

*FS-08-147-AKU **Moderne Routine- und Schnellmethoden zur Bestimmung von Sr-89 und Sr-90 bei der Umweltüberwachung**
Bericht einer Ad-hoc-Arbeitsgruppe des Arbeitskreises Umweltüberwachung, TÜV Media GmbH, Februar 2008, ISSN 1013-4506, ISBN 978-3-8249-1119-6

FS-08-148-AKE **Stilllegungsvarianten für Anlagen, die nach Atom- oder Strahlenschutzrecht genehmigt wurden**
Positionspapier des Arbeitskreises Entsorung, 2008, Download: www.fs-ev.de unter AKE

*FS-08-149-T **Kompetenz im Strahlenschutz – Ausbildung, Weiterbildung und Lehre**
40. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V.; Johannes Gutenberg-Universität Mainz – 15.–19. September 2008; Bandhrsg.: R. Michel, M. Täschner und H.-G. Vogt, TÜV Media GmbH, Köln 2008, ISSN 1013-4506, ISBN 978-3-8249-1193-6

*FS-09-150-T **Leben mit Strahlungen – von den Grundlagen zur Praxis**
41. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V. in Kooperation mit dem ÖVS, Alpbach, Tirol, 21. bis 25. September 2009; Bandhrsg.: F. J. Maringer, R. Czarwinski, T. Geringer, A. Brandl, A. Steurer, TÜV Media GmbH, Köln 2009, ISSN 1013-4506, ISBN 978-3-8249-1316-9

FS-09-151-AKU **Die Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen – Ein kommentierter Vergleich der Fassungen von 1993/96 und 2006**
erarbeitet von einer Ad-hoc-Arbeitsgruppe des Arbeitskreises Umweltüberwachung, E.-M. Friedland, L. Izquierdo, P. Klein, A. Lochte, Th. Steinkopff, A. Wicke, M. Winter, 2010, Download: www.fs-ev.de unter AKU

*FS-2010-152-AKN **Übungen zum radiologischen und nuklearen Notfallschutz – Planung, Durchführung – Auswertung**
7. Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, Augsburg, 10. bis 12. März 2010 Bandhrsg.: A. Bayer, J. Faleschini, K. Gölling, R. Stapel, Chr. Strobl, TÜV Media GmbH, Köln 2010, ISSN 1013-4506, ISBN: 978-3-8249-1147-9

*FS-2010-153-T **Natürliche und künstliche Radionuklide in unserer Umwelt**
42. Jahrestagung, des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V., Borkum, 26.–30. September 2012, Bandhrsg.: A. Neu, A. Bayer, T. Steinkopff, TÜV Media GmbH, Köln 2012, ISSN 1013-4506, ISBN 978-3-8249-1389-3

*FS-2011-154 **Berufsbilder im Strahlenschutz. Beispiele für berufliche Tätigkeiten im Strahlenschutz und die vielfältigen Wege dorthin**
Hrsg: R. Maushart, TÜV Media GmbH, Köln 2012, ISSN 1013-4506, ISBN 978-3-8249-1450-0, Download: www.fs-ev.de unter Literatur

*FS-2011-155-T **Nichtionisierende Strahlung in Arbeit und Umwelt**
43. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V., Dortmund, 19.–21. September 2011, Bandhrsg.: H.-D. Reidenbach, K. Dollinger, G. Ott, TÜV Media GmbH, Köln 2011, ISSN 1013-4506, ISBN 978-3-8249-1458-6

FS-2012-156-AKNIR **Leitfaden „Sonnenstrahlung“**
Arbeitskreis Nichtionisierende Strahlung; Download: www.fs-ev.de, AKNIR

FS-2013-157-AKNIR **Leitfaden „Ultraviolettstrahlung künstlicher Quellen“**
Arbeitskreis Nichtionisierende Strahlung; Download: www.fs-ev.de, AKNIR

FS-2011-158-AKNIR **Leitfaden „Sichtbare und infrarote Strahlung“**
Arbeitskreis Nichtionisierende Strahlung, Download: www.fs-ev.de, AKNIR

FS-2011-159-AKNIR **Leitfaden „Laserstrahlung“**
Arbeitskreis Nichtionisierende Strahlung; Download: www.fs-ev.de, AKNIR

FS-2011-160-AKNIR **Lichteinwirkung auf die Nachbarschaft**
Arbeitskreis Nichtionisierende Strahlung, in Vorbereitung

FS-2011-161-AKNIR **Elektromagnetische Felder**
Arbeitskreis Nichtionisierende Strahlung, in Vorbereitung

FS-2011-162-AKNIR **Infraschall**
Arbeitskreis Nichtionisierende Strahlung, in Vorbereitung

FS-2011-163-AKNIR **Ultraschall**
Arbeitskreis Nichtionisierende Strahlung, in Vorbereitung

FS-2011-164-AKA-Netz **Hinweise für die Durchführung von Unterweisungen für Tätigkeiten nach RöV und StrlSchV**
Arbeitskreis Ausbildung, Oktober 2004, Download: www.fs-ev.de unter AKA

FS-2011-165-AKA-Netz **Muster-Strahlenschutzanweisungen für den Betrieb und die Prüfung, Erprobung, Wartung und Instandsetzung von Röntgeneinrichtungen und Störstrahlern nach §§ 3, 4, 5 und 6 RöV**
Arbeitskreis Ausbildung, Mai 2010, Download: www.fs-ev.de unter AKA

*FS-2012-166-T **Strahlenschutz für die Zukunft – Der FS und seine Arbeitskreise**
44. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V., Karlsruhe, 17. bis 20. September 2012, Bandhrsg.: Ch. Wernli, J. Breckow, G. Frank, TÜV Media GmbH, Köln 2012, ISSN 1013-4506, ISBN 978-3-8249-1602-3

FS-2013-167-AKSIGMA **Characteristic Values in Measurement of Ionizing Radiation – Material for a Critical Discussion on Fundamentals and Alternatives**
Bandhrsg.: K. Weise, G. Kanisch, R. Michel, M. Schläger, D. Schrammel, M. Täschner, TÜV Media GmbH, Köln 2013, ISSN 1013-4506,
ISBN 978-3-8249-1709-9

Mit * bezeichnete Publikationen sind über den Buchhandel, die übrigen bei den im Sigel angegebenen Arbeitskreisen. bzw. von der Webseite des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V. zu beziehen.

<u>StrahlenschutzPRAXIS</u>, die Vierteljahres-Fachzeitschrift des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V. – aktuell, interessant, informativ!
TÜV Media GmbH, Köln, www.tuev-media.de
www.strahlenschutzpraxis.com